

Zweites Zeitalter: das Altertum der Erde.**Die paläozoischen Perioden und Formationen.**

Periode der hetero-cercalen Schmelzschuppper und Ur-Vierfüßler.	Die permische Formation oder die Dyas.	Zechsteinformation, Kupferschiefer, Zechstein, Dolomit, Gyps, Steinsalz, Mergel. Rotliegendes, Conglomerate, Sandstein, Letten.	Verkieselte Farnstrünke und Coniferen; Cycadeen, Stegocephalen (Branchiosaurus, Archegosaurus), erste Reptilien (Palaeohatteria, Proteurosaurus), heterocercale Ganoidfische, z. B. Palaeoniscus, viel Productus, Spirifer, Schizodus und Bellerophon, erste echte Ammonoiten.
Periode der Kryptogamen und der ersten Amphibien.	Die carbonische Formation oder das Steinkohlengebirge.	Productive Kohlenformation, Sandstein, Schieferthon, Kohlenflütze. Subcarbonische Formation, Kalke, Grauwacken, Thon- und Kiesel-schiefer, (Kohlenkalk, Culm).	Die Trilobiten erloschen; Fusulina; Maximum der Crinoiden Blastoideen u. echten Crinoiden. Viel Brachiopoden, namentlich Productus; Spinnen und Insekten; erste Stegocephalen. Großartige Entwicklung von Sigillaria, Lepidodendron, Calamites und Farnen.
Periode der Panzer-ganoiden und ersten Landpflanzen.	Die devonische Formation.	Oberdevon, Clymenienkalk, Goniatitenkalk, Cypridinen-schiefer. Mitteldévón, Stringocephalenkalk, Calceolaschiefer. Unterdevon, Spiriferen-Sandstein. Local vertreten durch den Old Red Sandstone.	Local Landpflanzen (Gefäß-kryptogamen); viel Tetracoralla (Calceola) u. Tabulata, Brachiopoden (Spirifer, Stringocephalus), — Goniatiten u. Clymenien. — Neue Trilobitenfauna (Phacops, Homalotus), Panzerorganoiden Pterichthys, Coccosteus, Cephalaspis.
Periode der Trilobiten, Nautileen, Cystideen und Graptolithen.	Die silurische Formation.	Obersilur, Untersilur, Grauwacken, Thonschiefer, Quarzite und Kalke, sowie Graptolithenschiefer und Alaunschiefer.	Vegetation Tange, Tiere fast ausschließlich wirbellos: Tabulata Halysites, Calamopora; Graptolithen; Cystideen; von Brachiopoden Orthis, Pentamerus; von Nautileen Orthoceras, Cyrtoceras, Gomphoceras, Lituites; von Trilobiten Asaphus, Illaenus, Trinucleus, Calymene.
Periode der Trilobiten und Linguliden.	Die cambrische Formation (Primordialstufe).	Ober-, Mittel- u. Unter-Cambrium. Thonschiefer, Sandsteine, Grauwacken; An der Basis Conglomerate.	Tange; Trilobiten: Olenus, Dikelocephalus, Agnostus, Paradoxides, Olenellus; Linguliden, Oboliden.
Periode Vorläufer der cambrischen Fauna.	Die prä-cambrische (algonkische) Formation.	Sandsteine, Quarzite, Conglomerate, phyllitische Schiefer u. s. w.	Wenig deutliche Reste von Discina, Lingula, Hyolithes; Wurmsspuren.

Erstes Zeitalter: die Urzeit der Erde.

Die archaischen Perioden und Formationen.

800 m Periode der voraus- gesetzten Anfänge organischen Lebens. <i>3000 m.</i>	Das krystalli- nische Schiefer- gebirge. Das Ur-Gneiß- gebirge.	Phyllitformation, Phyllite, Quarzit, Kalke. Chlorit-, Talk- und Graphit- schiefer. Glimmerschiefer- formation, Glimmerschiefer, Horn- blendeschiefer, Kalk, Quarzit, Gneißformation, Gneiß, Hornblendegneiß, Granulit, Quarzit, krystall. Kalk und Graphit.	Die Graphite organischen Ursprunges. Ohne organische Reste.
---	---	--	---

Aus Obigem ergibt sich folgende

Gliederung der sedimentären Schichtenreihe.

Känozoische Formationsgruppe.

Quartärformation.

Alluvium,

Diluvium.

Tertiärformation.

Pliocän,

Miocän,

Oligocän,

Eocän.

Mesozoische Formationsgruppe.

Kreideformation.

Senon,

Turon,

Cenoman,

Gault,

Neocom oder Hils, nebst Wealden.

Juraformation.

Oberer oder weißer Jura (Malm),

Mittlerer oder brauner Jura (Dogger),

Unterer oder schwarzer Jura (Lias).

Triasformation.

Keuper,

Muschelkalk,

Buntsandstein.

Paläozoische Formationsgruppe.

Permische Formation (Dyas).

Zechstein,

Rotliegendes.

Carbonische oder Steinkohlenformation.

Productive Steinkohlenformation,
Flötzleerer Sandstein (Millstone grit),
Culm und Kohlenkalk.

Devonische Formation (Old Red Sandstone).**Silurische Formation.****Cambrische Formation.****Präcambrische (algonkische) Formation.****Archäische Formationsgruppe.****Krystallinische Schieferformation.****Ur-Gneißformation.****Abstammung und frühester Zustand der Erde.**

I. Kant. Allgem. Naturgeschichte und Theorie des Himmels. 1755. (Auch in Ostwald's Klassikern der exacten Wissensch. No. 42. Herausg. von H. Ebert.)

P. S. Laplace. Exposition du système du monde. 1796.

Siehe auch F. Zöllner. Über die Natur der Kometen. Leipzig 1872. S. 459 u. a. O.

Unser ganzes Planetensystem verdankt sein Dasein einer einheitlichen Entstehung. In seinem ursprünglichen Zustande wurde dasselbe durch einen von West nach Ost rotierenden Nebelfleck von ungemein hoher Temperatur repräsentiert, dessen centralen Kern die Sonne bildete und dessen äußerste Grenze weit über die Bahn der entferntesten unserer heutigen Planeten hinausreichte. Durch Wärmeausstrahlung in den kalten Weltraum erfolgte seine Abkühlung, somit Zusammenziehung und infolge davon Beschleunigung der Rotation des Urnebelleckes. Sobald aber letztere eine gewisse Grenze überschritt, trat die Bildung von äquatorialen Ringen ein, welche infolge ungleicher Beschaffenheit und Erkaltung zerrissen und sich in einzelne Nebelballen, deren jeder von West nach Ost rotierte, auflösten. Aus jedem der letzteren ging ein Planet hervor, jedoch konnte sich bei jedem derselben der nämliche Vorgang der Ringbildung wiederholen, — daher die Trabanten der Planeten und die Saturnringe.

Zu den entscheidenden Beweisen für die Richtigkeit dieser von Kant zuerst ausgesprochenen, von Laplace 41 Jahre später wiederholten, wenn auch selbständig gewonnenen Theorie gehört die Übereinstimmung der Revolutions- und Rotationsrichtung der Planeten, die geringen Neigungen und Excentricitäten ihrer Bahn, die Existenz nicht consistenter Saturnringe, die gegenwärtige glutflüssige Beschaffenheit der Sonne, die spectralanalytisch nachgewiesene Identität gewisser, den Sonnenkörper zusammensetzender

Elemente mit solchen unserer Erde und endlich die Gleichartigkeit der Bestandteile der Meteorite und derjenigen unseres Planeten.

Von der Kant'schen Theorie ausgehend, lassen sich bei fortdauernder Wärmeausstrahlung nach Zöllner fünf Entwicklungsphasen der von den erwähnten Nebelballen abstammenden Weltkörper unterscheiden:

Erste Phase, die des glühend-gasförmigen Zustandes, repräsentiert durch die planetarischen Nebel.

Zweite Phase, die des glühend-flüssigen Zustandes, repräsentiert durch die Fixsterne mit constanter Helligkeit.

Dritte Phase, die der Schlackenbildung oder der allmählichen Entstehung einer kalten, nicht leuchtenden Oberfläche. Im Stadium des Überganges aus der zweiten in die dritte Phase befindet sich die Sonne, auf deren glutflüssiger Oberfläche sich zeitweilig bereits Schlackenfelder bilden (Sonnenflecken). Die dritte Phase wird repräsentiert durch die Fixsterne mit veränderlichem Lichtglanze und mit roter, ihrem Rotglut-Zustande entsprechender Farbe. Der Übergang von der dritten zur vierten Phase würde sich bei einem Fixsterne unserem Blicke durch ein allmähliches Verschwinden bemerklich machen.

Vierte Phase, die der gewaltsamen Zerberstung der bereits erkalteten Oberfläche durch innere Glutmasse und dadurch bedingte Eruption der letzteren; ein Ereignis, welches sich durch das plötzliche Aufleuchten eines neuen Sternes offenbart.

Fünfte Phase, die der fortschreitenden Verdickung der Erstarrungskruste, auf welcher sich die Wasserdünste condensieren, und schließlich völlige Erkaltung des Himmelskörpers.

Unsere Erde hat die vier ersten Stadien des kosmischen Entwicklungsprocesses durchlaufen und ist in die fünfte Phase eingetreten, — ein Ergebnis astronomischer und astrophysischer Beobachtungen, welches die Geologie in der Gestalt, dem specifischen Gewichte, den Temperaturverhältnissen des Inneren der Erde bestätigt sieht (vergl. S. 6, 7 u. 11).

b. Formationslehre.

Die Fundamental-Formation (Erstarrungskruste).

Der Begriff eines Meeres, aus welchem sich die ersten Sedimente niederschlugen, setzt einen festen Boden voraus, auf welchem es sich ausbreiten konnte, Niederschläge erfordern ein Fundament, Sedimente, mögen sie aus chemischer Solution oder mechanischer Suspension resultieren, müssen ihr Material präexistierenden Gesteinen verdanken. Aus allen diesen

Betrachtungen folgt, dass die ganze Reihe der sedimentären Formationen von einer noch älteren, nicht sedimentären Gebirgsformation, der Grund- oder Fundamental-Formation, getragen werden muss, und diese kann nicht anders gedacht werden, denn als ursprüngliche Erstarrungskruste des einst glutflüssigen Erdballes.

Es erscheint zweifelhaft, ob diese primitive Kruste irgendwo an der Erdoberfläche unserer Beobachtung zugänglich ist. Vielleicht müssen die untersten schwachflaserigen, nur sehr undeutlich geschichteten, einförmigen Gneißcomplexe an der Basis der archaischen Formation als die Producte der oberflächlichen Erstarrung des glutflüssigen Planeten angesprochen werden, doch selbst, wenn wir von dieser Möglichkeit absehen, sind wir im stande, gewisse Schlüsse auf ihre minero-chemische Zusammensetzung ziehen zu können. Die Masse unseres Erdballes, seine atmosphärische Hülle mit eingeschlossen, ist von Anfang an bis jetzt fast dieselbe geblieben; sein Material hat sich weder verringert, noch, wenn wir von der geringfügigen Substanzzuführung durch Meteoriten abstrahieren, vermehrt. Neubildungen von Gesteinen beruhen vielmehr nur auf Umgestaltung von früher vorhandenen Felsarten mit Hilfe der Gewässer und Atmosphärien, oder auf Erstarrung von glutflüssig emporsteigenden Gesteinsmassen. Das Material jeder jüngeren sedimentären Formation geht somit aus der Zerstörung und Regenerierung älterer Schichten, sowie der Eruptivgebilde hervor, welche sich in zwischen hervorgedrängt haben. Die gesamte Schichtenreihe von dem ältesten Complexe bis zu den Absätzen heutiger Gewässer verdankt deshalb die Hauptmasse ihres Materiales der Zerstörung und Verarbeitung der ursprünglichen Erstarrungskruste. Diese letztere muss deshalb die Summe der Substanzen enthalten haben, aus denen die sedimentäre Formationsreihe aufgebaut ist. Der vorwaltende Bestandteil der Gesamtheit unserer Sedimentärgesteine ist die Kieselsäure. Dieselbe nimmt in der Gestalt von Quarz (als Quarzit, Sandstein und Sand) oder verbunden mit Basen in der Form von Silicaten einen so vorherrschenden Anteil an der Zusammensetzung der Schichten, dass alle Basen zusammengenommen nur Bruchteile des Betrages dieser Säure sind. Kieselsäure sowohl wie Basen entstammen zum größten Teil der Erstarrungskruste der Erde; weil aber dieselben in dem ursprünglich flüssigen Zustande unseres Planeten nicht neben einander bestehen konnten, ohne Silicate zu bilden, so muss die Hauptmasse der Erstarrungskruste aus Silicaten und zwar der überwiegenden Kieselsäure wegen aus sauren Silicaten bestanden haben.

A. Die archäische Formationsgruppe.

(Das Urgebirge.)

Neuere Litteratur über einige archäische Gebiete Deutschlands.

- Erläuterungen zur geol. Specialkarte von Sachsen (Erzgebirge): Blatt Geyer, Elterlein. Schwarzenberg, Annaberg, Marienberg, Zschopau, Löbnitz, Wiesenthal, Kupferberg, Zoblitz, Lengefeld, Sayda, Brand, Lichtenberg, Freiberg, Nassau, Altenberg, Glashütte, Dippoldswalde von A. Sauer, F. Schalch, J. Hazard und R. Beck.
- H. Credner. Das sächs. Granulitgebirge und seine Umgebung. Leipzig 1884; und geol. Führer durch das sächs. Granulitgebirge. Leipzig 1880.
- G. Laube. Geologie des böhmischen Erzgebirges. Prag, I. 1876; II. 1887.
- E. Dathe. Die Gneißformation d. Kyffhäuser-Gebirges. Erl. zu Blatt Kelbra. Berlin 1884.
- C. W. Gumbel. Geognost. Beschreibung des Fichtelgebirges etc. Gotha 1879. S. 145 bis 175, 308—376. — Ders. Geognost. Beschreibung des ostbayerischen Grenzgebirges. Gotha 1868. S. 165—177; 473—648 u. 825—845.
- F. Becke. Die Gneißformation des niederösterreichischen Waldviertels. Miner. u. petr. Mitteil. Bd. IV. 1884. S. 189 u. 285.
- J. Roth. Erläut. zur geognost. Karte des niederschlesischen Gebirges. Berlin 1867.
- E. Schumacher. Die Gebirgsgruppe des Rummelsberges bei Strehlen. Z. d. D. geol. Ges. 1878. S. 427.
- E. Kalkowsky. Die Gneißformation des Eulengebirges. Leipzig 1878.
- E. Dathe. Die Gneißformation am Ostabfalle des Eulengebirges. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1886. S. 176; — von Salzbrunn. Abh. d. k. pr. geol. La. Heft 13. 1892.
- P. Groth. Das Gneiß-Gebiet von Markirch im Ober-Elsass. Abh. z. geol. Spec.-Karte von Els.-Lothr. Straßburg 1877.
- E. Cohen. Das obere Weilerthal. Ebend. 1889.
- H. Bücking. Das Grundgebirge des Spessarts. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1889. S. 28. — Der Nordwestliche Spessart. Abh. d. pr. geol. La. Heft 12. 1892. S. 4—121.
- E. W. Benecke u. E. Cohen. Geognost. Beschreibung d. Umgeg. v. Heidelberg. Straßburg 1884. S. 1—188.
- A. Sauer. Gneißformation des Schwarzwaldes. Blatt Oberwolfach-Schenkenzell d. geol. Specialkarte von Baden. Heidelberg 1895.

Die archäische Formationsgruppe besteht aus einer, wie es scheint, über 30 000 m mächtigen Schichtenreihe von krystallinischen Gesteinen, und zwar in ihrer untern Hälfte vorwaltend aus Gneiben nebst ihnen eingelagerten Hornblendeschiefern, Quarziten und krystallinischen Kalksteinen, in ihren oberen Niveaus namentlich aus Glimmer-, Chlorit-, Talkschiefern und Phylliten. Recht charakteristisch für diese Formationen ist ihr Reichtum an gleichalterigen Erzlagerstätten. Tierische oder pflanzliche Reste sind in dem archäischen Schichtencomplex nicht anzutreffen. In den Kalksteinen der Ur-Gneißformation glaubte man Reste sehr niedrig organisierter Tiere (Eozoon) erkannt zu haben, — eine Ansicht, welche jetzt für widerlegt gehalten wird, — und schlug deshalb vor, die bis dahin als »azoisch« bezeichneten Schichtencomplexe, weil in ihre Bildungszeit die Morgenröthe organischen Lebens gefallen sei, »eozoische« zu nennen. Vor beiden

Bezeichnungen verdient jedoch diejenige als »archaisch« den Vorzug, weil sie die noch offene Frage, ob zur Zeit der Ablagerung jener beiden Formationen organisches Leben bereits existiert habe, gänzlich unberührt lässt.

Die archaische Formationsgruppe lagert als Product der Thätigkeit des urältesten Meeres auf der Erstarrungskruste der Erde auf, ohne dass ihr Contact bis jetzt beobachtet worden wäre, und wird von den vorwiegend klastischen Schichtencomplexen des untersten Paläozoicums concordant oder discordant überlagert, wodurch bewiesen wird, dass sie vor letzterem zur

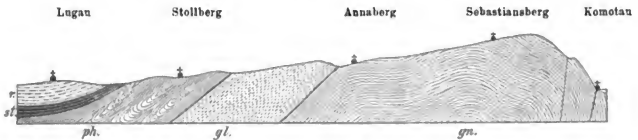


Fig. 155. Profil durch die archaische Formationsgruppe des Erzgebirges.

gn = Gneißformation; gl = Glimmerschieferformation; ph = Phyllitformation nach oben in das Präcambrium und durch dieses und das Cambrium in das Silur übergehend. Discordant über letzteren st = Steinkohlenformation und r = Rotliegendes.

Ausbildung gelangt ist. Ihre Verbreitung scheint sich über das ganze Erdenrund zu erstrecken, jedoch ist sie zum großen Teile durch Überlagerung jüngerer Formationen verborgen. Nach bereits angedeuteten petrographischen Unterschieden gliedert sich die archaische Gruppe in

- II. die krystallinische Schieferformation,
- I. die Ur-Gneißformation.

Die Ur-Gneißsformation.

(Laurentische Formation Nordamerikas.,

Petrographischer Charakter. Die Ur-Gneißformation, die älteste, unseren Beobachtungen zugängige sedimentäre Schichtengruppe, baut sich wesentlich aus Complexen von Gneiß auf, welche durch Abänderungen in ihrer Structur auf der einen Seite in die entsprechenden Schiefer, auf der anderen Seite in granitartige Gesteine übergehen oder mit solchen wechsellagern. Untergeordnet, aber durch ihre gleichmäßige Wechselagerung mit den Gneiß zu Deutlichkeit der architectonischen Verhältnisse dieser Formation viel beiträgend, treten außerdem zwischen den herrschenden Gneiß die mannigfaltigsten Amphibolite, krystallinischer Kalkstein, Dolomit, Quarzit, Serpentin, Magnet Eisenstein und Graphit in Lagern und Linsen von größerer oder geringerer Mächtigkeit auf, an deren Conturen sich die Gneißschichten anschmiegen.

Die zahlreichen Varietäten des Gneißes lassen sich in zwei Hauptgruppen, die Glimmer- und Hornblende-Gneiß, zusammenfassen, je nachdem außer Feldspat und Quarz entweder Glimmer oder Hornblende als dritter wesentlicher Gemengteil vorhanden ist. Das gewöhnlichste, in allen Verbreitungsgebieten vorwaltende der feldspatreichen archaischen Gebirgsglieder ist der Glimmergneiß in allen seinen durch Abänderung des Gefüges bedingten, in dem petrographischen Teile dieses Lehrbuches Seite 96 bis 99 bereits beschriebenen Modificationen. Man hat deshalb besonders flaserige, schieferige, lagenförmige, körnelige, schuppige, dichte Gneiß, sowie Augengneiß zu unterscheiden. Je nachdem vorwiegend Magnesiasglimmer oder ausschließlich Kaliglimmer an der Zusammensetzung dieser Gneiß teilnehmen, trennt man letztere in Biotitgneiß und Muscovitgneiß. Die Zahl dieser Varietäten wird noch dadurch vermehrt, dass, ähnlich wie Hornblende, auch Augit, Chlorit, Talk und Graphit für den Glimmer eintreten, gewissermaßen vicarieren können. Infolge davon erscheinen neben dem Hornblendegneiß, freilich meist nur untergeordnet, Augit-, Chlorit-, Talk- und Graphitgneiß in zonenartiger Wechsellagerung mit dem Glimmergneiß. Auch Cordierit kann sich als wesentlicher Gemengteil zu Quarz, Feldspat und zurücktretendem Glimmer gesellen und dann mit diesen (so bei Bodenmais in Bayern und im sächsischen Granulitgebirge) Cordieritgneiß bilden.

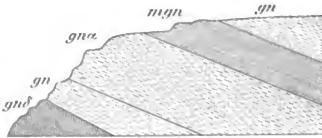


Fig. 156. Wechsellagerung von Biotitgneiß (*gn*), Muscovitgneiß (*mgn*), Augengneiß (*agn*) und dichtem Gneiß (*gnd*) am rechten Gehänge der Pockau im Erzgebirge.
Nach J. Hazard.

Durch Zunahme des Glimmers nimmt der Gneiß immer schieferigere Structur an und geht durch gleichzeitiges Zurücktreten des Feldspates und Quarzes in Gneißglimmerschiefer und in Glimmerschiefer über. Auf der anderen Seite kann der Gneiß seine Parallelstructur fast vollständig verlieren, indem die Glimmerblättchen in den Hintergrund treten und eine ziemlich regellose Lage annehmen. Infolge dieser Veränderung des Gefüges geht der Gneiß in Granitgneiß über, welcher dann in mächtigen Parallel- oder Lenticulärmassen zwischen dem Gneiß eingelagert und durch Übergänge mit ihm eng verknüpft ist. Die nämlichen Erscheinungen sehen wir sich bei den Hornblende-, Talk-, Chlorit- und Graphitgneißen wiederholen. Außer den nur schwach flaserigen, körnigen Gneißen (den Granitgneißen) können der Gneißformation auch Lager von normalem Granit (also Lagergranite) zwischengeschaltet sein, und bilden dann integrierende Glieder der archaischen Formation.

Wie sehr das Mischungsverhältnis der Gemengteile der zur Ur-Gneiß-

familie gehörigen Gesteine variiert, und wie infolge davon vollkommen eigenartige Felsarten erzeugt werden, tritt besonders in dem Verwandtschaftsverhältnisse des Granulites zum Gneiß hervor. Wie sich durch Mehrung des Glimmers auf Kosten des Feldspates und Quarzes aus dem Gneiß Glimmerschiefer entwickelt, so entsteht durch Verschwinden des Glimmers und Hervortreten einer ausgezeichneten Parallel- und Lagerstructur der Granulit. Dieses Gestein besteht nur noch aus dünnen, schieferigen Lamellen von Orthoklas und Quarz, kann aber durch lagenweises Hinzutreten von zahlreichen Glimmerblättchen in Biotitgranulit und durch Annahme flaseriger Structur in Gneiß übergehen. Dieses dem Gneiß so nahe verwandte Gestein erscheint hier und da im Gebiete der Ur-Gneißformation als untergeordnetes, regelmäßig eingeschaltetes Gebirgsglied



Fig. 157. Gneiß *a* und Granulit *b* in regelmäßiger Wechsellagerung bei Rödenbach im ostbayerischen Grenzgebirge. Nach Gumbel.

(Fig. 157), so im Eulengebirge, bei Aschaffenburg, im Egerthale, bei Krumau in Böhmen, kann aber auch weite Verbreitungsgebiete fast für sich allein einnehmen, so im sächsischen Granulitgebiete, in Böhmen, Niederösterreich und in Lappmarken. Im Granulite Sachsens treten bank- und linsenförmige Einlagerungen von

Pyroxengranulit auf. In Schottland und Skandinavien spielt die Hälleflinta eine nicht unbedeutende Rolle als Gestein der Gneißformation. Dieselbe ist als eine sehr feinkörnige, dicht erscheinende Modification der Gneiß-Granulit-Gesteinsreihe zu betrachten.

Unter den zahlreichen untergeordneten Gebirgsgliedern der Ur-Gneißformation, welche der letzteren als schlanke oder plumpe Linsen von sehr schwankenden Dimensionen eingeschaltet sind, sind hervorzuheben: die Amphibolite, welche durch Schwankungen in ihrer Zusammensetzung und Structur eine höchst mannigfaltige Reihe von Modificationen bilden. z. B.: Plagioklas-, Granat-, Diallag-, Zoisit-, Biotit-, Salit-Amphibolite, und bei diesen wiederum schieferige und körnige Varietäten. Der Nephrit, ein dichter Strahlsteinschiefer, bildet im Kuenlun, auf Neuseeland, im niederschlesischen Gebirge *) Einlagerungen zwischen Gneiß, Granuliten, Gabbro, Amphibolit und Serpentin. Mit den Amphibolschiefen innig vergesellschaftet tritt im sächsischen Granulitgebirge, in Niederösterreich, im Fichtelgebirge, Eulen- und Zobtengebirge, in Norwegen u. a. O. Flaser-gabbro (Olivingabbro, Saussuritgabbro) in linsenförmigen Einlagerungen auf. In ähnlicher Lagerungsform, wie solche namentlich auch bei den Amphiboliten ausgeprägt ist (Fig. 158), stellt sich z. B. im Erz- und Fichtel-

* H. Traube. N. Jahrb. III. Beil.-Band. 4885. S. 442.

gebirge Eklogit, ferner im Eulen- und Fichtelgebirge, in Niederösterreich, Schweden und Norwegen Olivinfels und zwar Granat-, Enstatit- und Bronzitolivinfels ein.

Krystallinischer Kalkstein bildet mächtige Schichtenkomplexe zwischen dem Gneiß, zeichnet sich durch seine krystallinisch körnige Structur, sowie durch seinen Reichtum an accessorischen Mineralien, vor allen an Granat, Epidot, Apatit, Zirkon, Turmalin, Flussspat, Graphit, Kupferkies und Schwefelkies, Magnetisenstein, Titaneisenstein, Zinkoxyd aus. Viele dieser krystallinischen Kalksteine sind dolomitisch, seltener sind reine Dolomite. Sie sind zum Teil auf das deutlichste geschichtet, wechseln mit Lagen von Quarzit und Hälleflinta ab, erhalten zuweilen eine bandartige Parallelstructur durch das zonenweise Auftreten der erwähnten accessorischen Mineralien, hauptsächlich von Graphit, Serpentin, Pyroxen, Tremolith und Apatit. Zwischen Gneiß und Kalkstein findet oft eine enge Verknüpfung

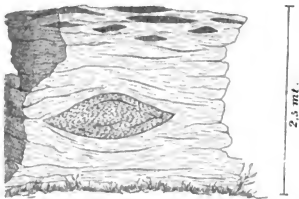


Fig. 158. Größere Linse von Amphibolit und zahlreiche kleinere Linsen von Muscovitgneiß im grauen (Biotit-) Gneiß, bei Ellerlein im Erzgebirge, Nach Sauer.



Fig. 159. Graphitlager bei Wolmersdorf in Niederösterreich. Nach *z. Hauer*.
1 Quarzitschiefer. 2 Körniger Kalkstein. 3 Hornblendeschiefer. 4 Glimmerschiefer. 1–5 Graphitlager.

durch Wechsellagerung von schwächeren Gneiß- und Kalksteinlagen statt. Quarzit, glasig, körnig oder schieferig, und ebenso Serpentin (Granat- und Bronzitserpentin) treten in bis über 100 m mächtigen, oft scharf geschichteten Zwischenlagern, der Serpentin nicht selten von Chlorit- und Talkschiefern begleitet, in allen Horizonten der Ur-Gneißreihe auf, während Graphit, und zwar entweder ziemlich rein oder mit thoniger Substanz gemengt und dann häufig schieferig, flötartige Einlagerungen bildet (s. Fig. 159). Die mit Granuliten vergesellschafteten bituminösen Mikroklin-schiefer des Nullaberges in Schweden (Fig. 160) enthalten als primären Gesteinsgemengteil bis über erbsgroße Klümpchen einer schwarzen humus-

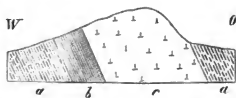


Fig. 160. Bituminöses Gestein von Vermland in Schweden.
a roter Gneiß, — b bituminöse Mikroklin-schiefer (über 15 m mächtig) und Granulit. — c Hyperit des Nullaberges.

artigen Substanz (Huminit) und sind außerdem secundär von Asphalt imprägniert*).

In den krystallinischen Kalksteinen Canadas, Schottlands und Bayerns kommen in verworren über einander liegenden Nestern von über Kopfgröße parallel wellige, unregelmäßig concentrische, mit Lagen von körnigem Kalke abwechselnde Bänder und Streifen von Serpentin vor (Ophicalcite). Diese gebänderten Serpentinballen haben Carpenter und Dawson als Reste einer riesigen, von ihnen Eozoon genannten Foraminifere, und die Kalksteinlager, in welchen sie angehäuft sind, als den neueren Nummulitenkalken analoge Foraminiferenriffe ansprechen zu dürfen geglaubt. Der organische Ursprung des sog. Eozoon gilt jedoch jetzt als widerlegt**).

Als sehr gewöhnlicher accessorischer Gemengtheil der Gneiße, und zwar vor allem der Hornblendegneiße, ist Magneteisenstein denselben in feinen Körnchen eingestreut. Manche Glieder der Gneißformation, mögen sie nun aus Gneiß oder aus ihm verwandten Gesteinen bestehen, sind dadurch als erzführende Gesteinszonen ausgebildet, dass ihre Gesteinsmassen oft in meilenweiter Erstreckung mehr oder weniger reichlich mit Erztheilchen imprägniert erscheinen. Solche dem Streichen der Formation parallele erzhaltige Zonen heißen Fahlbänder. Die Mineralien, welche gewissermaßen wie Wolken von Erzpartikelchen in das Gestein eingesprengt zu sein pflegen und auf diese Weise Veranlassung zur Bildung von Fahlbändern geben, sind hauptsächlich Magneteisenerz, ferner Schwefelkies, Kobaltkies, Kupferkies, Zinkblende und Zinnstein. Als derartige Erscheinungen sind z. B. zahlreiche Magneteisensteinimprägnationen in Skandinavien, Schottland und Nordamerika, und die Kupferkies- und Zinkblende-Fahlbänder von Kongsberg anzuführen. Innerhalb derselben kann eine Concentration der fein eingesprengten Erztheilchen zu derben, lenticulären, flötzartigen oder unregelmäßig gestalteten, also stockförmigen Erzlagerstätten, namentlich von Magneteisenerz, aber auch von Schwefelkies, Magnetkies und Kupferkies stattfinden. Die Gneißdistricte von Skandinavien, von Canada und New-York liefern Beispiele für solche Vorkommnisse. Ebenso treten im Cordieritgneiß von Bodenmais im Bayerischen Walde fahlbandartige Imprägnationen und lenticuläre Einlagerungen von Magnetkies, Schwefelkies, Kupferkies, Zinkblende u. s. w. auf.

Ähnliche Erzlagerstätten können sich auch einstellen, ohne an Fahlbänder gebunden zu sein. Sie bilden dann selbständige Glieder der Gneißformation und haben entweder die Form regelmäßiger Flütze oder diejenige lenticulärer Einlagerungen. Im ersteren Falle sind die Grenzflächen solcher

* A. E. Törnebohm. N. J. f. Min. 1888. II. S. 1.

** K. Möbius. Der Bau des Eozoon Canadense. Mit 18 Tafeln. Palaeontographica. Cassel 1878.

Erzlagerstätten nicht selten sehr scharf ausgeprägt und verfolgen meilenweit die größte Parallelität, sowohl unter einander, wie mit der Schichtung der angrenzenden Gneißgesteine (Fig. 161). In ihren Lagerungsverhältnissen entsprechen sie vollkommen Flötzen von Eisenoolith zwischen den Schieferthonen jüngerer Formationen. Am gewöhnlichsten, so in Schlesien (z. B. bei Schmiedeberg), im Erzgebirge, in Bayern, Norwegen, Nordamerika, tritt Magneteseisenstein, bei Bodenmais in Bayern, in Canada und Skandinavien aber auch Roteisenerz, Kupferkies und Schwefelkies unter den eben beschriebenen Verhältnissen auf. Außerdem sind Lagerstätten von Rotzinkerz, Willemit und Franklinit bei Franklin in New-Jersey als accessorische Bestandmassen des archaischen Kalksteines oder als flötzartige Einlagerungen in demselben bekannt.

Die Urgneiße des Bayerischen Waldes gliedert Gumbel in die untere oder hojische und die obere oder hercynische Gneißformation, — erstere besteht wesentlich aus bunten, rötlichen Gneiß, Granitgneiß und Lagergraniten, letztere vorwiegend aus grauen Gneiß mit Einlagerungen von Cordieritgneiß, Hornblendegesteinen, Eklogit, Serpentin, krySTALLINISCHEM Kalkstein u. a.

Mächtigkeit und tectonische Verhältnisse. Die größte Mächtigkeit der in ihrem petrographischen Charakter oben kurz geschilderten Ur-Gneißformation beträgt in Canada über 10 000 m, in Bayern etwa 30 000 m. — Stellen sich auch dem Studium der tectonischen Verhältnisse der Ur-Gneißformation infolge der Unbeständigkeit der petrographischen Eigentümlichkeiten ein und derselben Schichtenzone, ferner infolge der steilen, oft verticalen Aufrichtung der Schichten bedeutende Schwierigkeiten entgegen, so dürfte doch dieselbe auf zwei Hauptlagerungsformen zurückzuführen sein. Die eine, z. B. im Gneißgebiete des Erzgebirges, sowie im sächsischen Granulitgebirge, ferner in dem der Umgebung von Bergen erkannte lässt sich als eine kuppelförmige, die zweite in Canada, Brasilien und in zahlreichen Districten Skandinaviens vertretene als eine ausgedehnte, weit fortsetzende, zonenartige Lagerung bezeichnen. Im ersteren Falle zeigt sich in den mittleren Regionen eines jeden derartigen Gneißterrains eine nahezu horizontale, wenigstens sehr flache Schichtenlage, während sich nach den Grenzen zu eine steilere Stellung mit nach außen gerichtetem Fallen geltend macht (vergl. Fig. 155). Bei zonenartigen Lagerungsverhältnissen stehen die mannigfachen Schichtencomplexe in einseitig

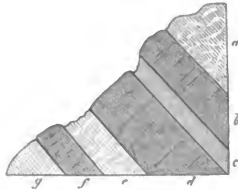


Fig. 161. Magneteseisensteinflötze der King Mine in New Jersey. Nach Wurtz. *a* ausgezeichnet faseriger Gneiß. — *b* Magneteseisenstein mit Apatit 1,3 m. — *c* Glimmerschiefer. — *d* Magneteseisenstein mit Apatit 3 m. — *e* Gneiß. — *f* Gemenge von Magneteseisen, Feldspat und Quarz. — *g* Gneiß.

aufgerichteter, selbst verticaler, in synklinaler oder antyklinaler, ja, wie in den Centralalpen, in fächerförmiger Stellung neben einander (Fig. 162). Dergleichen Schichtenzonen der Ur-Gneißformation besitzen oft sehr bedeutende Ausdehnung. So erstreckt sich die brasilianische Gneiß- und Glimmerschieferformation in nordöstlicher Richtung über 250 geographische Meilen weit, während ein 64 Meilen langes Profil quer durch die Andeskette,

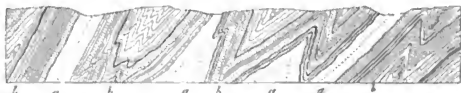


Fig. 162. Architectonische Verhältnisse der Ur-Gneißformation der Gegend von Grenville, Canada. Nach Logan.
a krystallinischer Kalkstein. b Gneiß und Quarzit.

wenige Grade nördlich vom Äquator in seiner ganzen Ausdehnung vertical oder fast vertical stehende Schichten der Gneißformation zeigt. Die Gneißzone, welche das geologische Skelet des appalachischen Gebirgssystems und somit der ganzen östlichen Hälfte des nordamerikanischen Continentes bildet (laurentische Formation), erstreckt sich vom Staate Georgia aus bis nach der Mündung des Lorenzstromes und besitzt somit eine Länge von etwa 300 deutschen Meilen.

Lagerungsverhältnisse der Ur-Gneißsformation zu den übrigen Formationen. Die Ur-Gneißformation ist, wie bemerkt, die unterste unserer Beobachtung zugängliche Schichtengruppe. Das Fundament, auf dem sie ruht oder mit welchem sie nach unten zu verschmolzen ist, wird voraussichtlich die ursprüngliche Erstarrungskruste der Erde sein, während sie selbst als Basis der übrigen Sedimentformationen zu betrachten ist.

Bei dem Mangel an organischen Resten, welche als Fingerzeig für die geologische Stellung der Ur-Gneißformation dienen könnten, sind in dieser Hinsicht deren Lagerungsverhältnisse zu den ältesten versteinierungsführenden Schichten maßgebend. In der That sehen wir die archaischen Gneiße

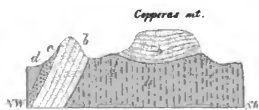


Fig. 163. Cambrium (b, c, d) discordant auf archaischen Hornblendegneiß (a). Copperas Mt., New Jersey. Nach Cook.

in manchen Gegenden, so z. B. im Erzgebirge und im Bayerischen Walde direct und gleichförmig von den nächst jüngeren krystallinischen Schieferen überlagert, welche nach oben zu wiederum in altpaläozoische Schichten übergehen, so dass eine concordante Aufeinanderfolge vom Gneiß bis zum Paläozoicum vorliegt

(vergl. Fig. 155 S. 374). In anderen Gebieten werden Gneißcomplexe, nachdem sie mehr oder weniger steil aufgerichtet und gefaltet und dann oberflächlich erodiert worden waren, discordant vom Präcambrium oder

Cambrium überlagert, so z. B. in Skandinavien, in Schottland, in den Alleghanies (Fig. 163). Derartige Verbandsverhältnisse beweisen das präpaläozoische Alter der Gneißformation.

Die **Verbreitung** der Ur-Gneißformation ist eine sehr allgemeine, indem diese auf der ganzen damaligen Erdoberfläche zur Ausbildung gekommen zu sein scheint. In allen größeren Ländercomplexen, von welchen wir überhaupt geologische Kenntnisse besitzen, tritt dieselbe und zwar mit constanter Gleichförmigkeit ihres Gesamtcharakters auf. Ein großer Teil des Erzgebirges, des Fichtelgebirges, des Kyffhäusergebirges, des Riesengebirges, Böhmens, des Spessarts, des Odenwaldes und des Schwarzwaldes besteht aus Gliedern der Gneißformation. Von dem südwestlichen Böhmen aus erstreckt sich eine Schichtenzone über den Böhmer und den Bayerischen Wald bis zur Donau, welche zum großen Teile dem Ur-Gneiß angehört. Dasselbe Alter kommt dem sächsischen Granulitgebirge zu, welches sich in Form eines elliptischen Schichtengewölbes am Nordabfalle des Erzgebirges zwischen Glauchau und Rosswein ausdehnt. Gleichalterige Gneiß setzen z. T. die Centralalpen zusammen, ebenso sind sie in Schottland und auf den Hebriden, in Wales und Cornwall, am großartigsten in Europa jedoch in Skandinavien und Finnland verbreitet. In Nordamerika treten archaische (laurentische) Gneiß in zwei Zonen zu Tage, deren nördliche sich aus der arktischen Region in südöstlicher Richtung bis zum oberen Mississippi und von da in östlicher Richtung durch Minnesota und Wisconsin nach dem Superior-, Huron- und Ontario-See und nördlich vom Lorenzstrome hin bis zum atlantischen Oceane erstreckt. Die andere, die appalachische Gneißzone, beginnt an dem Südufer der Lorenzmündung, läuft in südwestlicher Richtung parallel dem Gestade des Meeres durch sämtliche atlantische Staaten bis nach Alabama hinein. Außerdem treten noch einige isolierte Gneiß-Areale westlich vom Mississippi zu Tage. In Südamerika besitzt die Gneißformation in dem brasilianischen Küstengebirge, in Venezuela und den Andes eine enorme Verbreitung. Auch in Afrika (Guinea, Goldküste, Kamerun, am Congo, Orange und Zambesi, in Abyssinien), in den Hochgebirgen Asiens, in China, Japan und Bengalen ist dieselbe nachgewiesen, endlich besteht der größte Teil von Grönland, soweit dieses bekannt und eisfrei ist, aus Gneiß.

Die krystallinische Schieferformation.

Auf den Ur-Gneiß lagert die krystallinische Schieferformation und besteht aus einer über 8000 m mächtigen Schichtenreihe von vorwaltenden Glimmerschiefern und Glimmerphylliten mit eingelagerten Quarziten, Amphiboliten, Gneiß, krystallinischen Kalksteinen und zahlreichen Erzlagern, welche dieser Schichtengruppe eine bedeutende technische Wichtig-

keit verleihen. Es sind also zum Teil dieselben Gesteine, wie sie bereits in der Ur-Gneißformation auftreten, jedoch herrschen jetzt die schieferigen, also feldspatarmen, vor den körnigen, flaserigen, feldspatreichen vor, während früher das umgekehrte Verhältnis stattfand.

Petrographischer Charakter. Die Hauptgesteine der krystallinen Schieferformation sind zu unterst Glimmerschiefer und darüber Glimmerphyllit. Ersterer ist stets ausgezeichnet geschichtet und besteht zuweilen fast allein aus zum Teil bis Quadrat Zoll großen Schuppen von lichtem Kaliglimmer oder dunkeltem Magnesiaglimmer (Muscovitschiefer und Biotitschiefer oder heller und dunkler Glimmerschiefer). In anderen Fällen ist er so quarzreich, dass er sich dem Quarzite nähert, und endlich geht er zuweilen durch Aufnahme von Feldspat in Gneißglimmerschiefer und Gneiß, ja in Granitgneiß über (siehe Profil Fig. 164). Nicht selten treten

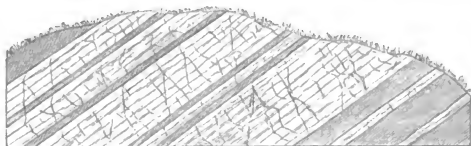


Fig. 164. Profil durch wechsellagernde Bänke von Granitgneiß (a) und Gneißglimmerschiefer (b) bei Geringwalde im sächsischen Mittelgebirge. Nach Dathe.

im Glimmerschiefer knoten- und flach linsenförmige Nester von Quarz auf, welchen sich die Lagerung dieses Glimmergesteines anschmiegt, wodurch dasselbe eine großflaserige Structur erhält. Von accessorischen Bestandteilen sind Feldspat, Staurolith, Hornblende und Turmalin häufig. Ganz constant aber pflegt Granat im Glimmerschiefer aufzutreten. Nimmt dessen Menge sehr zu, so entsteht Granatglimmerfels. Wie bei den Gneißern, so kann auch bei den Glimmerschiefern der Glimmer durch Hornblende, Chlorit oder Talk verdrängt werden, so dass Hornblende-, Chlorit- und Talkschiefer entstehen, welche meist untergeordnet zwischen den Glimmerschiefern, oft aber auch als selbständige mächtige Schichtencomplexe auftreten, so am Großglockner und Monte Rosa, im Ural und in Brasilien, so in den südlichen atlantischen Staaten Nordamerikas; wird der Glimmer durch Schuppen von Eisenglanz ganz oder teilweise vertreten, so entstehen Lager von Eisenglimmerschiefer, wie sie in dem Schichtenbaue Brasiliens eine Rolle spielen.

Der Glimmerphyllit setzt in den meisten Schiefer-Territorien die oberen Niveaus dieser Formation zusammen. Er pflegt reich zu sein an Linsen, Knauern, Knoten und Adern von Quarz, welche oft von chloritischen Wolken und Schmitzen durchzogen und von Feldspat durchwachsen sind.

Als besondere Varietäten des glimmerigen oder glimmerglänzenden Phyllites sind hervorzuheben: Quarzphyllit, bestehend aus schichtenartiger, oft feinsten Wechsellagerung von Quarz und Phyllit, — Feldspatphyllit, ausgezeichnet durch seine Führung von Albitkörnern, — Kalkphyllit mit Calciteinsprenglingen, — Ottrelithphyllit und Chloritoidphyllit, reich an Chloritoid- und Ottrelithblättchen. An Stelle des Phyllites können ebenfalls höchst mannigfaltig ausgebildete Sericitschiefer treten. Durch

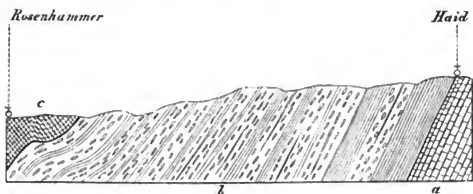


Fig. 165. Profil aus dem krystallinischen Schiefergebirge des Fichtelgebirges. Nach Gümödel.
a Quarzitschiefer. — b Phyllit, wechsellagernd mit Phyllitgneiß. — c Phyllit.

Zunahme der Feldspateinsprenglinge gehen aus den Feldspatphylliten und -sericitschiefen Phyllitgneiße hervor (vergl. Fig. 165), so im Böhmer Wald, Fichtelgebirge und Erzgebirge.

Eine wichtige Rolle spielen die Quarzite in der Ur-Schieferformation, welche dickbankig oder plattig, glasig oder körnig sein können, und durch Überhandnehmen der schieferigen Structur, die namentlich durch Glimmer-, Talk- oder Sericitbeschläge auf den Schichtungsflächen hervorgebracht wird, in Quarzitschiefer übergehen können. Zu diesem steht der Itacolumit in einem sehr nahen verwandtschaftlichen Verhältnisse, indem er eine Quarzitvarietät repräsentiert, deren Biegsamkeit auf der gelenkartigen Verzahnung der einzelnen Quarzkörner beruht. Er ist in Brasilien, wo er seine Hauptentwicklung findet, das Muttergestein von Diamanten. Unter ähnlichen Verhältnissen wie die Quarzite erscheinen innerhalb mancher krystallinischen Schiefergebiete von Kohlenstoff schwarzgefärbte Graphitoidschiefer.

In der Glimmerschieferformation des Erzgebirges treten bei Obermittelsweida und Wiesenthal in gewissen Bänken von krystallinischer Grauwacke scharf umrandete, z. T. kugelförmige Gerölle von verschiedenartigen Gneissen, Quarziten und krystallinischem Kalkstein auf und bilden dann förmliche Conglomerate*).

Häufige und zum Teil sehr mächtige Einlagerungen im Gebiete der krystallinischen Schieferformation bilden grobkrySTALLINISCHE bis feinkörnige

* A. Sauer. Erl. z. Section Elterlein. Leipzig 1879. S. 29.

Kalksteine, Dolomite und dolomitische Kalksteine von weißer, rötlicher oder grauer Färbung und mehr oder weniger regelmäßiger, weitläufiger oder enger Schichtung.

In Verbindung mit derartigen Gesteinen stehen nicht selten Kalkglimmerschiefer und Kalkphyllite, welche nicht nur an vielen Localitäten mit den Kalksteinen zu wechsellagern pflegen, sondern auch deutliche Übergänge in diese verfolgen lassen, indem die dünnen Lamellen oder Membranen von Phyllit oder von Glimmer, Chlorit oder Talk, welche die einzelnen Lagen trennen, nach und nach vollständig verschwinden. Amphibolite und zwar z. T. feldspatführende oder chloritische Hornblendeschiefer, sowie Augit-, Biotit-, Epidot- und Granat-Amphibolite von körniger, flaseriger, gebänderter und schieferiger Structur, ferner Aktinolithschiefer, sind ebenfalls häufige Erscheinungen, z. B. am sächsischen Granulitgebirge, im Fichtelgebirge, im Bayerischen Walde. Flötze von Graphitschiefern sind sehr gewöhnlich zwischen den Glimmerschiefern Europas und Nordamerikas zwischengelagert. Auch Serpentine, z. T. mit Trümmern und Nestern von Chromeisenerz, sind in manchen dieser Terrains häufig, so im Ural, in Skandinavien, Schottland, in Schlesien, wo sie z. T. in Verbindung mit schieferigem Olivinfels (so bei Fatmomaq in Jemtland) als weitausgedehnte, aber nicht sehr regelmäßige Lager vorkommen.

Magneteisenstein und Roteisenstein bilden zwischen den Talk- und Glimmerschiefern vieler Gegenden mächtige Lager, welche die Gestalt



Fig. 166. Kupfererzlagerstätte von Ducktown. (H. Crd.)

a Brauneisenstein-Ausgehendes. — b Rotkupfererz-Malachit-Etage. — c Schwefelkies-Etage. — d Kupferkies-Etage. — e Kryt. Schiefer, imprägniert von Erzpartikeln.

flach linsenförmiger Nester oder ausgedehnter Flötze besitzen. Unter ähnlichen Lagerungsverhältnissen, wenn auch seltener, treten Schwefelkies und Kupferkies und dann gewöhnlich vergesellschaftet auf. In diesem Falle ist die teilweise Sonderung der Schwefelkiese und Kupferkiese in verschiedene, bei aufgerichteter Stellung der Schichten über einander liegende Etagen bemerkenswert, deren untere aus vorwaltendem Kupferkies, deren obere meist aus Schwefelkies besteht. Zu den großartigsten Vorkommen dieser Art gehören die Kupfererzlagerstätten von Ducktown in Tennessee (Fig. 166). Dieselben sind ausgedehnte, über 500 m lange und bis 150 m mächtige Imprägnationszonen von Kupferkies- und Schwefelkieseinsprenglingen mit lenticulärem, massivem Erzkerne, welche in einer gewissen von

Virginia durch Tennessee bis Georgia verfolgbarer Zone staffelartig vor einander liegen. Allen diesen lenticulären Lagerstätten ist die Anordnung der sie bildenden Mineralien zu vier durchaus verschiedenen Horizonten gemeinsam, von denen die beiden obersten a und b als Producte des

setzungsprocesses von seiten der Atmosphärien auf die geschwefelten Erze zu betrachten sind und aus Brauneisenstein und oxydischen Kupfererzen bestehen, während die dritte *c* als die Etage des vorwaltenden Schwefelkieses und die tiefste *d* als die des Kupferkieses bezeichnet werden kann*).

Nicht selten führen die Einlagerungen von krystallinischem Kalk und von Amphiboliten mehr oder weniger reichliche Einsprenglinge, Nester und Schmitzen von Bleiglanz, Blende, Kupferkies und Eisenkies (z. B. Schwarzenberg im Erzgebirge).

Ein anderes nutzbares accessorisches Mineralvorkommen der krystallinischen Schieferformation ist das Gold. Die freilich meist sehr unbedeutende, also dann in technischer Beziehung unwichtige Goldführung fast aller Schieferdistricte ist constatirt und in manchen Gegenden Veranlassung zu einer ziemlich ausgedehnten bergmännischen Gewinnung geworden; so in den atlantischen Staaten Nordamerikas, vor allem in Nova Scotia, Virginia, den beiden Carolinas und Georgia, woselbst das Gold auf dreierlei Weise auftritt. Zuerst in Gestalt dünner Drähte, zackiger Blättchen, kleiner arborescirender Büschel und verzogener Krystalle, verteilt in der Masse oder auf den Schichtungsflächen gewisser, durch äußere Merkmale nicht zu unterscheidender Zonen der Talkschiefer, Quarzitschiefer, Itacolumite, Chlorit- und Glimmerschiefer. Außer in freiem Zustande kommt zweitens das Gold — und das ist am gewöhnlichsten der Fall — an Schwefelkies und dessen Zersetzungsproduct, das Eisenoxydhydrat, gebunden, als Imprägnation oder in Gestalt linsenförmiger Lager von goldhaltigem Schwefelkies in den genannten Gesteinen vor. Endlich kann das Gold in einer Matrix von Quarz auftreten, der entweder die Gestalt flach linsenförmiger Nester oder flötzartiger Bänke annimmt, und in diesem entweder frei, allein für sich vorkommen, oder mit Kupferkies, Bleiglanz, Zinkblende, Tellurwismuth vergesellschaftet oder an Schwefelkies gebunden sein (H. Crd. N. J. 1867. S. 442).

Gliederung. Die krystallinische Schieferformation gliedert sich in zwei Unterabteilungen (vergl. Fig. 155):

2. zu oberst die **Phyllitformation**, vorwaltend stark glimmerglänzende Phyllite (Glimmerphyllite) oder Sericitschiefer mit eingelagerten Feldspatphylliten, Phyllitgneißen, Sericitgneißen, Quarzphylliten, Quarziten, Kalksteinen, Hornblendeschiefern. Nach oben sich dem Thonschiefer nähernd und dann in das Praecambrium z. B. Thüringens, des Vogtlandes, Erzgebirges und Fichtelgebirges ganz allmählich übergehend.

1. zu unterst die **Glimmerschieferformation**, vorwaltend Glimmerschiefer (helle und dunkle Gl., Granat-, Quarzit-, Kalkglimmerschiefer) mit

* H. Crd. Berg- u. Hüttenm. Zeitg. 1867. No. 4.

Credner, Geologie. 8. Aufl.

eingelagerten Amphiboliten (Plagioklas-, Granat-, Augitamphibolite, Hornblendeschiefer), Chloritschiefern, Talkschiefern, Erzlagern, krystallinischen Kalksteinen, Quarziten, Gneißglimmerschiefern, roten und zweiglimmerigen Gneßen.

Die **architectonischen Verhältnisse** der krystallinischen Schieferformation sind, ähnlich wie die der Gneißformation, häufig höchst verwickelter Art. Beide eben genannten Formationen treten meist in Verbindung mit einander als langgestreckte Zonen oder als isolierte Territorien von unregelmäßig abgerundeten Conturen innerhalb des Gebietes jüngerer Schichtengruppen zu Tage. Das Skelet dieser Inseln von archaischen Gesteinen bilden gewöhnlich Gneße, dessen Ausfüllung hingegen und beiderseitige Flanken die krystallinischen Schiefer. Wird schon durch derartige Lagerungsverhältnisse ein mulden- oder muldenbuchtformiger Bau bedingt, so wird dieser durch sich vielfach wiederholende Knickungen, also untergeordnete Synklinal- und Antiklinalbildungen, ferner durch bis ins kleinste gehende, zickzackähnliche Faltungen und Windungen der Schichten noch complicierter. Tritt die krystallinische Schieferformation rings um die Ränder einer Gneißkuppel auf, so findet gewöhnlich eine mantelförmige Umlagerung statt, wobei die Schiefer ebenso wie der Gneiß von innen nach außen fallen. In außerordentlicher Regelmäßigkeit ist dies rings um die sächsische Granulitformation und am südwestlichen Rande der erzgebirgischen Gneißkuppel der Fall.

Die **Verbreitung** der Ur-Schieferformation ist eine etwas geringere als die der Gneße. Das Ausgehende der krystallinischen Schiefer ist meist an die Ur-Gneißgebiete gebunden, wie bei Erläuterung der architectonischen Verhältnisse bereits erwähnt wurde. In Europa sind die bedeutendsten Verbreitungsgebiete der ersteren: der Ostabfall des Böhmer Waldes und des Bayerischen Waldgebirges, das Fichtelgebirge, der südwestliche Teil des Erzgebirges, die Umgebung des sächsischen Granulitgebirges, die Sudeten, Skandinavien, Schottland und die Sierra Nevada in Spanien; — in Nordamerika die sämtlichen atlantischen Staaten; — in Südamerika Brasilien, Venezuela und die Andes. Auch in Afrika, in Bengalen, Japan und China sind krystallinische Schiefer in zum Teil großer Ausdehnung nachgewiesen.

Eruptivgesteine und Erzgänge im Gebiete der archaischen Formationen. Dass die zwischen die Gneße und Glimmerschiefer concordant eingeschalteten granitischen und syenitischen Gesteine als archaische Lagergranite und Lagersyenite eruptiven Ursprunges zu deuten sind, ist in hohem Grade wahrscheinlich. Die gleiche geologische Rolle spielen gewisse Gabbros (der Flaser gabbro Skandiaviens, des sächsischen Granulitgebirges, des Zobtens, S. 107). Außerdem aber wird die archaische Formation an zahllosen Punkten von später emporgebrochenen Eruptivgesteinen durch-

setzt und zwar namentlich von Graniten, Syeniten, Lamprophyren, Dioriten, Kersantiten, Diabasen und Quarzporphyren. Beispielsweise möge an die stockförmigen Granitlaccolithen des Erzgebirges, des Fichtelgebirges, Ostthüringens, des Odenwaldes, des Schwarzwaldes und des böhmisch-bayerischen Waldes erinnert werden, welche jetzt inselförmig aus dem Gebiete der Gneiß, der krystallinischen Schiefer und des älteren Palaeozoicums hervortreten und innerhalb dieser von Contactzonen umgeben werden (s. S. 296 f.). Da sich diese letzteren local auch noch auf das Untercarbon erstrecken und anderseits Gerölle dieser Granite und ihrer Contactgesteine sich im Rotliegenden finden, so muss die Eruption der ersteren während der obercarbonischen Zeit stattgehabt haben.

Einige dieser Eruptivstöcke innerhalb archaischer Gebiete besitzen infolge ihres Erzreichtums erhöhtes Interesse. Dies gilt z. B. von den zinnerzführenden Graniten bei Geyer *). Die concordant auf den erzgebirgischen Gneiß folgende Glimmerschieferformation jener Gegend wird von drei inselförmig an die Tagesoberfläche tretenden Granitstöcken durchsetzt, welche in der Tiefe zusammenzuhängen scheinen. Der dortige Granit zeichnet sich durch seinen Plagioklasreichtum, seine Topasführung und seine Glimmerarmut aus. Bei seiner Eruption hat er Schollen des Nebengesteines umhüllt und so eine Grenzbrecchie gebildet, zugleich aber in dem einen der drei Granitstöcke, und zwar dem »Stockwerke« von Geyer, nahe dem Contacte mit dem Glimmerschiefer eine überaus großkrystallinische Structur angenommen, so dass ein riesengranitischer Mantel, »Stockscheider« genannt, den feinkörnigen Granit des Centrums umlagert. Dieser Geyersche Granitstock wird nun von unzähligen, 2 bis 10 cm mächtigen, zugförmig gruppierten Gängen durchschwärmt, welche zum Teil in den ihm benachbarten Glimmerschiefer fortsetzen und Quarz, Topas, Arsenkies und Zinnerz führen und auf beiden Seiten von mehrere Zoll breiten Imprägnationen (Zinnzwittern) begleitet werden. Außerdem durchziehen solche Zwitterbänder auch unabhängig von den Gängen die local in Greisen und Topasfels umgewandelte Granitmasse, welche auf diese Weise zu einer stockwerkartigen Zinnlagerstätte wird. Höchst merkwürdiger Natur sind die Verhältnisse des Granites von Zinnwald. Derselbe bildet eine flache Kuppel innerhalb des ihn allseitig umgebenden Quarzporphyres. In derselben treten z. T. ungefähr parallel zu deren Oberfläche flötzförmige, flach gelagerte Gänge von symmetrisch-lagenförmig angeordnetem Quarz, Zinnwaldit, Flusspat, Wolfram und Zinnstein auf, welche demnach unter dem Scheitel der Kuppel flach liegen, nach deren Peripherie zu aber allseitig abfallen. Das ganze

*) Alfr. Stelzner. Die Granite von Geyer u. Ehrenfriedersdorf. Freiberg 1865. — F. Schalch. Sect. Geyer d. geol. Spec.-Karte von Sachsen.

Stockwerk wird außerdem noch von steilen zinnerzführenden Gängen durchsetzt. Beiderlei Gänge werden von local bauchig anschwellenden zinnsteinführenden Greisen zonen begleitet, welche aus der Umwandlung des granitischen Nebengesteines hervorgegangen sind *).

Als älteste Sedimentärgesteine wurden die archaischen Schichten von der Summe aller der Faltungen, Quetschungen und sonstigen Störungen betroffen, welche sich im Verlaufe sämtlicher späterer Perioden auf die Erdkruste äußerten und der Contraction des sich abkühlenden Erdballes zuzuschreiben sind. Jedoch beweist die vielerorts zu beobachtende ungleichförmige Überlagerung der archaischen Formationen durch noch heute in schwebender, also ursprünglicher Lage befindliches Praecambrium und Cambrium, dass die Aufrichtung der ersteren in vielen Arealen bereits vor Beginn der paläozoischen Periode, also am Ende des archaischen Zeitalters sich vollzogen hat.

Abgesehen von zum Teil höchst verwickelten Lagerungsverhältnissen hatten derartige tectonische Störungen in sehr vielen archaischen Territorien Spaltenbildungen und diese zum Teil beträchtliche Verwerfungen, namentlich aber die Bildung von **Erzgängen** im Gefolge, deren Ursprungszeit freilich nur in den seltensten Fällen festzustellen ist. Auf solche Weise wurde das Erzgebirge zu einem der berühmtesten Gangdistricte. Das vorwaltend aus Gneiß gebildete Hochplateau des Erzgebirges ist, und daher stammt sein Name, die Heimat zahlreicher Erzlagerstätten, von denen einige Zinnerzvorkommnisse bereits oben Erwähnung gefunden haben. Unabhängig von diesen, sowie von zahlreichen Rot- und Brauneisensteingängen zieht sich von Meißen aus über Freiberg, Marienberg und Annaberg bis nach Joachimsthal eine, freilich lückenhafte Zone von Silber- und Bleierzführenden Gängen in südwestlicher Richtung schräg über den breiten Rücken des Gebirges. Innerhalb dieser Zone bilden sie Gangzüge, Ganggruppen und zerstreute Gänge. Das wichtigste Erzgebiet ist gegenwärtig das der Umgegend von Freiberg. In dem dortigen Gneiß setzen sehr verschiedenartige Gänge auf: 1. die edlen Quarzgänge, von denen dort über 150 bekannt sind; sie bestehen vorherrschend aus weißem Quarz, Nebengesteinsbruchstücken und neben diesen aus Silbererzen, also vorzugsweise Rotgültig, Glaserz, gediegen Silber, Melanglanz u. a. 2. Kiesige Bleierzgänge (über 300) aus Quarz, Bleiglanz, Blende, Schwefelkies, Kupferkies, Arsenkies bestehend. 3. Edle Bleierzgänge (etwa 400) aus Braunspat, Manganspat, Quarz und silberhaltigem Bleiglanz, zuweilen auch Rotgültig und Silberglanz bestehend. 4. Barytische Bleierzgänge (ungefähr 130) mit Schwerspat, Flussspat, Quarz, Bleiglanz, Blende, Kupfer- und Schwefelkies in

*) K. Dalmer. Erläut. zu Sect. Altenberg-Zinnwald d. geol. Spec.-Karte von Sachsen. Vergl. auch J. H. L. Vogt. Zeitsch. f. prakt. Geol. 1895. S. 445 u. 470.

lagenartiger Anordnung. 5. Kupfererzgänge, Kupferkies, Buntkupfererz, Fahlerz u. a. Kupfererze enthaltend. Die Streichungsrichtung dieser Gänge ist eine sehr verschiedenartige, doch tritt gewöhnlich eine größere Anzahl gleich streichender Gänge zu Zügen zusammen, die sich dann gegenseitig kreuzen und sich an solchen Stellen durch besonderes Erzreichtum auszeichnen. Die Kobalt-, Wismuth-, Silbererzgänge, sowie die Kupfer- und Bleierzgänge von Schneeberg setzen in den zum größten Teile contactmetamorphischen, mit Hornblendeschiefern wechsellagernden Phylliten zwischen dem Eibenstocker und Schneeberger Granitmassiv auf (vergl. S. 298, Fig. 98).

Auch in dem altherühmten Silberdistricte von Kongsberg in Norwegen*) sind Schichten der Ur-Gneißformation das Nebengestein der dortigen Gänge. Die Umgegend von Kongsberg besteht aus steil aufgerichteten von N gen S streichenden Gneiß, Glimmerschiefern, Hornblende-, Chlorit- und Talkschiefern, sowie Quarziten. Innerhalb zweier bestimmter Zonen dieser Gesteine sind dieselben von außerordentlich kleinen Einsprenglingen von Magnetkies, Schwefelkies, Kupferkies und Blende imprägniert. Eins dieser Fahlbänder besitzt etwa 65, das andere, das Hauptfahlband des Oberberges, 400 m Mächtigkeit. Die Gänge streichen rechtwinkelig durch die Schichten des Nebengesteines, also Ost-West, stehen sehr steil und sind nur wenige Zoll mächtig, dahingegen so zahlreich, dass man deren über 500 kennt. Ihre Gangmineralien sind Kalkspat, Flussspat und, wenn auch weniger häufig, Schwerspat, Quarz und Dolomitspat, neben welchen Harmotom, Stilbit, Prehnit u. a. vorkommen. Von Silbererzen führen jene Gänge außer gediegenem Silber Silberglanz, Rotgültig und Sprödglasserz. Bemerkenswert ist die Beeinflussung des Erzreichtums dieser Gänge durch das Nebengestein. Sind nämlich dieselben außerordentlich arm, so weit sie sich im tauben Nebengesteine befinden, so bereichern sie sich sporadisch mit gediegenem Silber, Silberglanz, Rotgültig u. a. Silbererzen, sobald sie in die Fahlbänder hineinsetzen; nur innerhalb dieser sind sie abbauwürdig, ja haben dieselben local noch eine Strecke weit mit gediegenem Silber imprägniert. Diese Beispiele müssen genügen, um das gangförmige Aufsetzen von Erzen innerhalb archaischer Territorien zu illustrieren.

B. Die paläozoische Formationsgruppe.

(Das Palaeozoicum).

Die paläozoische Formationsgruppe ist eine bis über 30000 m Mächtigkeit erreichende Schichtengruppe von vorherrschenden Grauwacken, Thon-

*) Kjerulf u. Dahll. Der Erzdistrict Kongsberg. Kristiania 1860. — v. Rath. N. J. f. Min. 1869. S. 434.

schiefern, Sandsteinen, Kalksteinen und Conglomeraten, in deren unteren Horizonten zum ersten Male organisches Leben und zwar bereits in hoher Entwicklung und in z. T. außerordentlich großer Anzahl der Individuen überliefert ist. Die organischen Reste der paläozoischen Formationsgruppe entfernen sich durchgängig in ihrem Habitus weiter von den Organismen der Jetztzeit, als die fossilen Reste der jüngeren Formationen, daher ihre Bezeichnung als paläozoisch. Marine Organismen sind durchaus vorherrschend, doch sind namentlich in den höheren, also jüngeren Niveaus der paläozoischen Formationsgruppe auch Landbewohner bereits häufig. Die **Pflanzenwelt**, welche anfänglich nur durch Meeresalgen vertreten ist, erhält später ihren paläozoischen Gesamtcharakter durch die vorherrschende Entwicklung zum Teil riesiger Gefäßkryptogamen namentlich aus der Familie der Calamiten, Farne, Sigillarien und Lepidodendren, denen sich einige Coniferen und später auch Cordaiten und Cycadeen zugesellen, während Dicotyledonen noch gänzlich fehlen. Die Pflanzenfamilien, welchen die paläozoischen Reste ausschließlich angehören, bilden heute nur noch einen verschwindenden Bruchteil unserer Flora; diese erhält vielmehr ihren charakteristischen Habitus durch das Vorwiegen der damals noch gar nicht existierenden Dicotyledonen, denen über 90% der jetzt lebenden Pflanzenarten angehören. — Die große Hauptmasse der paläozoischen Tiere waren Cölenteraten (Korallentiere), Echinodermen, Mollusken und Gliedertiere. Von den Mollusken sind die Cephalopoden und Brachiopoden am eigentümlichsten, am formen- und individuenreichsten entwickelt und zwar erstere namentlich durch die Gattungen *Orthoceras*, *Cyrtoceras*, *Phragmoceras*, *Lituites*, *Clymenia* und *Goniatites*, — letztere durch *Spirifer*, *Leptaena*, *Orthis*, *Productus*, *Pentamerus* und *Stringocephalus* vertreten. Dadurch, dass sie vor den damals noch ganz zurücktretenden Gastropoden und Zweischalern bei weitem vorwalten, verleihen sie der Gesamtfauuna wesentlich mit ihren paläozoischen Habitus. Von den Korallen sind die *Tetracoralla* und *Tabulata* mit den wichtigen Gattungen *Cyathophyllum*, *Streptelasma*, *Phillipsastraea*, *Cystiphyllum*, *Zaphrentis*, *Calceola*, *Calamopora*, *Halysites*, *Syringopora* auf die paläozoischen Zeitalter beschränkt. Dasselbe ist der Fall mit den damaligen Hauptvertretern der Echinodermen, den Blastoiden, Cystideen und den Palaeocrinoiden, z. B. *Cyathocrinus*, *Actinocrinus*, *Poteroocrinus*, *Rhodocrinus* u. a., die jetzt herrschenden Asteriden und Echiniden erscheinen nur ganz vereinzelt und besitzen einen von dem modernen abweichenden Habitus. Die Gliedertiere werden in den älteren paläozoischen Formationen vorzugsweise durch die Trilobiten mit etwa 1800 Arten repräsentiert, eine Ordnung, welche jedoch bereits vor Beginn der mesozoischen Periode erlischt. Von Wirbeltieren sind fast allein die Fische in größerer Häufigkeit der Individuen und einigem Formenreichtum, freilich auch erst seit der Mitte des paläozoischen Zeitalters entwickelt. Ganz

eigentlich sind für letzteres die heterocercalen Ganoiden (z. B. *Palaeoniscus*, *Amblypterus*, *Platysomus*) und die Panzerganoiden (*Placodermi*; z. B. *Cephalaspis*, *Pterichthys* und *Coccosteus*), während die Knochenfische noch gänzlich fehlen. Später gesellen sich zu den Fischen auch Vierfüßler und zwar zunächst ausschließlich *Stegocephalen* (Schuppenlurche), am Schlusse des paläozoischen Zeitalters auch noch die seltenen Reste einiger schon mehr reptilienartigen Geschöpfe (*Palaeohatteria*, *Proterosaurus*). Die Existenz von Vögeln und Säugetieren war während der paläozoischen Zeitalter noch vollkommen ausgeschlossen.

Gliederung der paläozoischen Formationsgruppe. Bis zum Jahre 1833 pflegte man die mächtige Schichtenreihe, welche sich unmittelbar an die Phyllitformation anschließt und von der Steinkohlenformation überlagert wird, als Übergangsgebirge oder Grauwackenformation zu bezeichnen. Die meist sehr verwickelten Lagerungsverhältnisse derselben und ihre anscheinende Armut an organischen Resten erschwerten eine Gliederung dieser Schichtencomplexe außerordentlich. Zunächst schied Sedgwick die ältesten versteinерungsführenden Complexe Englands als Cambrium (nach Cambria, keltische Bezeichnung für Wales) von dem ganzen darauf folgenden Schichtensystem ab, während kurz darauf Murchison das gesamte vorcarbonische »Grauwackengebirge« in zwei Formationen gliederte. Die ältere, mit Einschluss des von ihm nicht anerkannten Cambriums, nannte er nach dem Volksstamme, welchem die Ur-Bewohner des Hauptentwicklungsterrains in England angehören, die silurische, — die jüngere nach der Grafschaft Devonshire die devonische. Nachdem sich jedoch die Selbständigkeit des Cambriums gegenüber dem Silur immer mehr erwiesen hat, wird dasselbe jetzt allgemein als eine dem Silur und Devon gleichwertige Formation anerkannt. Endlich hat man neuerdings die das Cambrium in großer Mächtigkeit unterteufenden, wesentlich klastischen Schichtencomplexe, in welchen die Vorläufer der formenreichen cambrischen Fauna zu erwarten sind, als *Præcambrium* oder *Algonkium* abgegliedert. Die gesamte paläozoische Schichtenreihe zerfällt demnach in folgende Formationen:

6. die permische Formation oder Dyas;
5. die carbonische oder Steinkohlenformation;
4. die devonische Formation;
3. die silurische Formation;
2. die cambrische Formation;
1. die präcambrische oder algonkische Formation.

Das Präcambrium (Algonkium).

Litteratur:

- C. R. van Hise. *Archaean and Algonkian*. Bull. U. St. Geol. Survey, No. 86. 1892. — Ders. *The Precambrian Rocks of N. America*. Compt. rend. V. Internat. Congr. Washington 1894. S. 476. — Ders. *Precambri: Geol. Lake superior Region*. Ebend. S. 493. — Ders. u. W. S. Bayley. *Marquette Iron-bearing District*. XV. Ann. Rep. U. St. Geol. Surv. 1893. S. 485.
- H. Credner. *Die vorsilur. Gebilde der oberen Halbinsel von Michigan*. Z. d. D. geol. Ges. 1869. S. 516.
- Ch. D. Walcott. *Algonk. Rocks of the Grand Cañon*. Journ. of Geol. Chicago. III. 1895. S. 342.
- A. E. Törnebohm. *Centr. Skandnaviens Bergbyggnad*. K. Sv. Vet.-Akad. Handl. XXVIII. 1896. No. 5. — Ders. *Sver. geol. Undersök. Ser. Aa. No. 37*.
- A. G. Nathorst. *Jordens Historia*. Stockholm. S. 586. — Ders. *Sver. geol. Undersök. Ser. 6. No. 39*.
- A. Geikie. *Quart. Journ. Geol. Soc. London*. 1894. S. 72. (Vergl. auch Peach u. Horne ebend. 1892. S. 233.) H. Hicks ebend. 1884. S. 507.

Auf die archäische Gneißformation und die hochkrystallinen archäischen Schiefer folgen in vielen Gegenden bis über 6000 m mächtige Complexe von echt sedimentären, z. T. halbkrySTALLINEN, zum großen Teile aber klastischen, ja grobklastischen Schichten. Dieselben überlagern das archäische Grundgebirge vielerorts discordant, indem sie die Unebenheiten in dessen Denudations-Oberfläche ausgleichen, und werden von dem Cambrium und zwar meist auch wiederum discordant überlagert, besitzen deshalb präcambrisches Alter.

Petrographischer Charakter. In einigen ihrer Verbreitungsgebiete schließt sich die präcambrische Schichtenreihe unmittelbar an die obersten krySTALLINEN Schiefer an, besitzt dann selbst noch einen halbkrySTALLINEN Charakter und setzt sich wesentlich aus phyllitartigen Thonschiefern, Chlorit- und Sericitschiefern zusammen, denen jedoch körnige, also grauackener- oder sandsteinartige Quarzite sowie Conglomerate, ferner graphitoidische Thonschiefer, Kieselschiefer, Kalksteine und Eisensteine eingeschaltet zu sein pflegen. In anderen Districten, wo das Präcambrium discordant auf den archäischen Gneiß und Glimmerschiefern auflagert, hat dasselbe infolge der inzwischen stattgefundenen Denudation der archäischen Continente, sowie durch die darauf folgende Transgression des präcambrischen Meeres einen vorwiegend klastischen Habitus erhalten und besteht dann aus Sandsteinen, groben, z. T. breccienartigen Conglomeraten mit zwischen- gelagerten Thonschiefern und wenig mächtigen Kalksteinen.

Altvulkanische Decken von Diabasen sind der präcambrischen Schichtenreihe nicht selten eingeschaltet, oft aber bereits zu Lagern von z. T. chloritischen Hornblendegesteinen deformiert worden. Hohe Bedeutung

besitzen die dem oberen Präcambrium zwischengelagerten Ergussgesteine am Südufer des Lake Superior. Dieselben treten in Gestalt eines Complexes von abwechselnden Quarzporphyr-, Gabbro-, Diabas-, Porphyrit-, Melaphyr- und Melaphyrmandelsteinlagern mit untergeordneten Conglomerat- und Sandsteinbänken auf, bilden namentlich die weit in den See vorspringende Halbinsel Keweenaw, fallen flach nach W ein und werden nach O zu von Potsdamsandstein discordant überlagert. Als vollständige oder teilweise Ausfüllung der Mandeln in gewissen dieser Melaphyrmandelsteinlager stellt sich neben Kalkspat, Quarz und Zeolithen gediegenes Kupfer und Silber ein. In rechtem Winkel auf ihre Längenerstreckung wird die genannte, hornförmige Halbinsel von zahlreichen senkrechten Gängen durchsetzt, welche in ihrer Mächtigkeit zwischen wenigen Centimetern und 10 m schwanken und in einer vorwaltenden Kalkspat-, Prehnit- und Quarzausfüllung im Verein mit zahlreichen Bruchstücken des Nebengesteins gediegenes Kupfer in bis zu 15 000 Cent. schweren Massen umschließen.

Organische Reste sind bis jetzt im Präcambrium nur ganz ausnahmsweise und in wenig günstiger Erhaltung angetroffen worden und beschränken sich auf Wurmspuren, sowie auf Abdrücke von Hyolithes, Discina und Lingula, ferner auf Stromatoporen- und Archaeocyathus-artige Reste und höchst vereinzelte wenig deutliche Fragmente von Trilobiten. Der Umstand aber, dass die Fauna der nächst jüngeren Formation, des Cambriums, bereits eine Vergesellschaftung von Vertretern aller Tierstämme bis auf die Vertebraten umfasst, deren Hauptrepräsentanten die hoch organisierten, eine lange individuelle Metamorphose durchlaufenden Trilobiten vorstellen, macht es in hohem Grade wahrscheinlich, dass in der präcambrischen Schichtenreihe die Vorfahren dieser Fauna zu finden sein werden.

Beispiele präcambrischer Formationen. Das Algonkium Nordamerikas. Kaum irgend wo anders ist das Präcambrium (das Algonkium der amerikanischen Geologen) und sein Verbandsverhältnis mit den archaischen Gneissen und dem Cambrium in solcher Klarheit und Ausdehnung bloßgelegt, wie in der Tiefe des Grand Cañon des Colorado in Arizona (Fig. 167). Die Basis der hier mehr als 1200 m mächtigen paläozoischen Formationen bilden intensiv gefaltete, von Eruptivgängen durchsetzte archaische Gneisse (Fig. 167 gn). Auf ihrer durch Denudation abradierten Oberfläche lagert eine an der Stelle des Profiles etwa 400, in anderen Strecken des Cañons aber gegen 4000 m mächtige algonkische Schichtenreihe von Sandsteinen (diese z. T. mit Rippelmarken), Conglomeraten und Schiefern mit Bänken von Kalkstein, zu unterst mit einem Diabaslager. Dem oberen Schiefer- und Kalkcomplexe sind ganz vereinzelte Hyolithen, sowie Discina- und Lingula-ähnliche Schalen, ferner Teile eines Trilobiten und Stromatoporen-artige Reste entnommen worden. Auch dieses Algonkium

hat Schichtenaufrichtungen und Verwerfungen, sowie eine beträchtliche Denudation erlitten, ehe auf seiner umgestalteten Oberfläche die auch jetzt

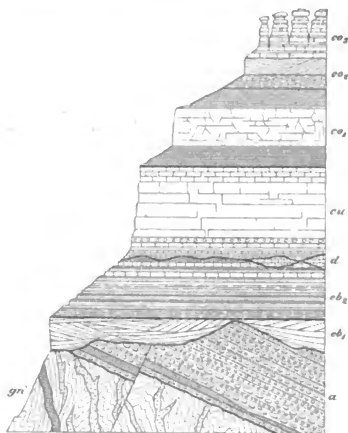


Fig. 167. Profil des Grand Cañon des Colorado in Arizona. Nach F. Frech. N. Jahrb. 1895. II. Taf. III.

gr = archaischer Gneiß mit Gängen von Granit, Pegmatit und Diabas. — *a* = Algonkium, 400 m. — *cb* = Cambrium, *cb*₁ = unterer, *cb*₂ oberer Tonstein, zusammen gegen 300 m mächtig. — *d* = Denudationsreste von devonischem Kalkstein. — *eu* = untercarbonischer Kalkstein (Red Wall Limestone). — *co* = Obercarbon, *co*₁ = Aubrey-Sandstein u. -Schiefer, *co*₂ = weißer Aubrey-Sandstein, *co*₃ = Aubrey-Kalk und -Dolomit.

noch in schwebender Lage befindlichen Sandsteine des Mittel- und Obercambriums zur Ablagerung gelangten. Wie im Liegenden, so wird also das Algonkium des Grand Cañon auch im Hangenden von einer scharf markierten, langen geologischen Zeiträumen entsprechenden Discordanz abgegrenzt.

Sehr wechselvoll ist das Algonkium südlich vom Lake Superior entwickelt und gliedert sich hier in drei Unterabteilungen. Die unterste derselben (das Unterhuron) überlagert discordant die archaischen Gneiße (Fig. 168 *a*) und besteht aus Quarzitschiefer, Kalkstein, glimmerigen sowie chloritischen Schiefen, Conglomeraten, reinen und kieseligen, eben-

plattigen Roteisensteinen, Jaspis und Magneteisenerz (Marquette, am Menomonee). Die Discordanz zur Gneißformation wird local durch Grundconglomerate noch besonders markiert. Wiederum ungleichförmig auf diesem Unterhuron folgt eine oberhuronische, 3—4000 m mächtige Schichtenreihe von Quarziten (mit Lingula), Conglomeraten, Thonschiefen, graphitoidischen und phyllitischen Schiefen, unten mit eisenschüssigen Kieselgesteinen und Eisen-

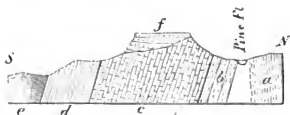


Fig. 168. Algonkische (unterhuronische) Schichtenreihe in der Menomonee-Gegend in Michigan. H. Crd. *a* = archaischer Gneiß. — *b-e* = Algonkium (Unterhuron). — *b* = Quarzit. — *c* = Kalkstein 1000 m. — *d* = Roteisenstein 250 m. — *e* = Chloritschiefer 450 m. — *f* = cambrischer Potsdamsandstein.

steinen nebst eingeschalteten Glimmerschiefen und Diabaslagern. Den Schluss bildet in ebenfalls dicordanter Überlagerung die Keweenaw-Gruppe,

Schluss bildet in ebenfalls dicordanter Überlagerung die Keweenaw-Gruppe,

zu unterst bestehend wesentlich aus Ergüssen von Gabbro, Diabasen, Porphyriten, Melaphyren und Quarzporphyren mit zwischengelagerten Sandsteinen und Conglomeraten, — oben vorwiegend aus den beiden letzteren.

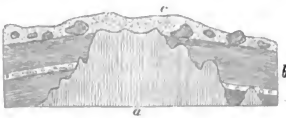


Fig. 169. Algonkischer Quarzitschiefer *a*, discordant überlagert von cambrischem Sandstein *b*; — *c* = Glacial-diluvium. Bei Marquette am Lake Superior. *H. Cvd.*

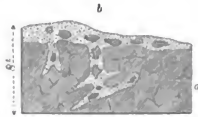


Fig. 170. *a* = algonkischer (unterhuronischer) Roteisenstein (= *d* Fig. 168); — *b* = cambrischer Potsdamsandstein, discordant auf *a* und Spaltenklüfte in demselben ausfüllend. Aus der Menomonee-Gegend. *H. Cvd.*

Auf den vom cambrischen Meere benagten und eingeebneten Schichtenköpfen dieser meist steil aufgerichteten algonkischen Formation des Lake Superior lagert in horizontalen Bänken der obercambrische Potsdamsandstein (Fig. 168 *f*; Fig. 169 und 170 *b*).

Auch das 5—6000 m mächtige System von Schiefen, Quarziten, Conglomeraten und quarzitischen Sandsteinen mit Kalkstein- und Diabaslagern am Huronsee, für welches von Logan die Bezeichnung huronisch geschaffen wurde, wird jetzt dem Algonkium zugerechnet.

Das Präcambrium in Britannien. In Schottland, Irland, England und Wales besitzen Gneiße archaischen Alters, die als Lewisian (A. Geikie) oder Dimetian (H. Hicks) bezeichnet werden, eine große Verbreitung. Im Nordwesten von Schottland folgt auf die Denudationsfläche dieser vielfach gefalteten Gneißschichten in übergreifender, fast schwebender Auflagerung ein bis über 3000 m mächtiger, klastischer präcambrischer Schichtencomplex, das Torridonian. Derselbe besteht aus rötlichen oder braunen Sandsteinen (mit Wurmrohren und Hyolithen), Arkosen und groben, z. T. breccienartigen Conglomeraten, unten mit Bänken unreinen Kalksteines, und wird ungleichförmig von den Quarziten und Olenellusschichten des Unter-cambriums bedeckt, dessen Auflagerungsfläche das Torridonian und die liegenden Gneiße schräg abschneidet, was auf eine tiefgreifende, dem Cambrium vorausgegangene Denudation hinweist.

Gleiches oder noch höheres Alter wie der Torridonsandstein dürfte die als Dalradian (A. Geikie) oder Pebidian (H. Hicks) bezeichnete mächtige Schichtgruppe von Glimmerschiefen, Phylliten, Thonschiefen, Quarziten, Grauwackensandsteinen und Conglomeraten nebst Kalksteinen, Grünsteinen, Hornblende- und Chloritschiefen besitzen, welche in den schottischen Hochlanden, im Nordwesten von Irland, in Anglesey, den Malvern Hills u. a. O. verbreitet sind und zwar gleichfalls in discordantem Verbande einerseits mit der Gneißformation, andererseits mit dem Cambrium.

Das Präcambrium Skandinaviens. Von präcambrischen, den archaischen Gneiß ungleichförmig aufgelagerten Complexen Skandinaviens sind zu nennen: Die Dalasandsteingruppe Dalarnes, eine gegen 700 m mächtige Schichtenfolge von rötlichen, weißen und bräunlichen quarzitischen Sandsteinen (oft bedeckt von Wellenfurchen), local mit Zwischenlagen von rötlichen Schiefern und zwei zusammen über 450 m mächtigen Diabaslagern, zu unterst ein grobes, quarzitisches Conglomerat. Die Dalslandgruppe im Westen des Wener Sees, bestehend aus Grundconglomeraten (200 m), Thonschiefern mit Lagern von Kalksteinen und von in chloritische Schiefer umgewandeltem Diabas (800 m), darüber Quarzite und endlich Grauwackenschiefer und phyllitische Schiefer (875 m). — Die Wisingsögruppe, 200—300 m mächtig, bestehend aus Thonschiefern, Sandsteinen und bituminösem Kalkstein, als Lappen und schmale Bruchzonen auf dem Gneiß der Grabenversenkung des Wettersees. — Die Sparagmit-Formation der skandinavischen Hochgebirge zwischen Mjösensee und Jemtland, 45—48000 m mächtig, mittel- bis grobkörnige, feldspatreiche Quarzitsandsteine, mit Einlagerungen von dunklem Thonschiefer, local auch mit solchen von dolomitischem Kalkstein.

Das Präcambrium Böhmens besteht aus einer Schichtenreihe von graphitoidischen Thonschiefern (Przibramer Schiefern), dunklen Grauwackensandsteinen, Grauwackenschiefern und Quarzsandsteinen mit Einlagerungen von Quarzconglomeraten, Kieselschiefern und Diabasen (= unteres *B Barandensis*), welche discordant vom Unter cambrium überlagert wird (J. Jahn).

Im Erzgebirge und Vogtlande gehen die glimmerigen Phyllite der sich innig an den archaischen Gneiß anschließenden krystallinischen Schieferformation nach oben zu in erst noch phyllitische, dann normale Thonschiefer über, welchen Quarzitschiefer, quarzitischer oder grauwackenartige Sandsteine, Graphitoidschiefer, Kieselschiefer, wenig mächtige Lager von dichtem Kalkstein, sowie chloritische Hornblendeschiefer eingeschaltet sind. Durch ebenfalls allmähliche Übergänge ist diese Schichtenreihe mit den schließlich phykodenführenden cambrischen Schiefern verknüpft. Die gleichen Complexe wiederholen sich im Fichtelgebirge und in Ostthüringen, wo sich ihrem Hangenden Quarzite mit Lingula und endlich Phykodenschiefer und das Silur anreihen. Bei der engen Verknüpfung dieser phyllitischen, präcambrischen und cambrischen Schichtenreihen durch concordante Lagerung und petrographische Übergänge und infolge des Mangels an charakteristischen organischen Resten im dortigen Cambrium lassen sich scharfe Formationsabgrenzungen innerhalb dieses ältesten Schiefergebirges kaum bewerkstelligen.

Die cambrische Formation.

(Das Cambrium).

Litteratur über das Cambrium und das Silur.

- F. Frech. *Lethaea palaeozoica* II. Stuttgart 1897. Cambrium S. 16. — Silur S. 61—117.
- R. J. Murchison. *Silurian System*. 2 vols. London 1838. — *Siluria, the history of the oldest known rocks containing organic remains*. 5. ed. London 1872.
- Sedgwick. *Synopsis of the Classification of the British palaeoz. Rocks*. 1855.
- Ferner zahlr. Aufsätze von Callaway, Hicks, Horne, Lapworth, Marr, Peach, Salter, Walcott, Woodward u. A. im *Quart. Journ. Geol. Society of London* u. *Geolog. Magazin*.
- J. G. O. Linnarson. *Z. d. D. geol. Ges.* 1873. Bd. XXV. S. 675.
- W. C. Brögger. *Die silurischen Etagen 2 u. 3 im Kristianiagebiet und auf Eker*. Kristiania 1882.
- W. Dames. *Geolog. Reisenotizen aus Schweden*. *Z. d. D. geol. Ges.* 1881. S. 415. Ders. *Schichtenfolge d. Silurbildungen Gotlands*. *Sitzber. d. k. pr. Acad. d. Wiss.* XLII. 30. Oct. 1890.
- G. Lindström. *Schichtfolge des Silurs auf Gotland*. *N. Jahrb.* 1888. I. S. 147. — *List of the fossil Fauna of Sweden*. I Cambrian and Low. Silurian. Stockholm 1888.
- A. Remelé. *Unters. über die versteinierungfüh. Diluvialgeschiebe des norddeut. Flachlandes I*. Berlin 1883. (Mit Übersicht u. Gliederung des Schwedischen Cambriums u. Untersilurs).
- Fr. Schmidt. *Untersuchungen über die silur. Formation von Esthland, Nord-Livland und Ösel*. Dorpat 1858; ferner *Sil. and Cambr. Strata of the Baltic Prov.* *Quart. Journ. Geol. Soc.* London 1882. S. 544, u. *N. Jahrb.* 1883. II. S. 73, sowie in den *Erläut. zu Grewing's Karte v. Liv-, Esth- u. Kurland*. II. Aufl. Dorpat 1879, ferner *Untercambr. Fauna in Esthland*. *Mém. Acad. St. Pétersbourg*. 1888, — *Baltisches Obersilur*. *Mé. géol. Bull. Acad. des Sc. St. Pétersbourg*. I. 1891. S. 119.
- J. Barrande. *Système silurien du centre de la Bohême*. Paris et Prague. 1852 bis 1884. Mit 544 Tafeln fortges. von W. Waagen.
- J. Krejci u. K. Feistmantel. *Das silur. Gebiet im mittl. Böhmen*. *Archiv f. nat. Landesdurchforsch.* Prag 1885.
- F. Katzer. *Das ältere Palaeozoicum in Mittelböhmen*. Prag 1888. — *Geologie v. Böhmen* 1892.
- J. J. Jahn. *Mittelbohm. Silurformation*. *Jahrb. d. k. k. geol. R.* 1892. S. 397. — Ders. *Cambrium von Tejrovic u. Skrej*. ebend. 1895. S. 644.
- J. F. Pompeckj. *Fauna des Cambriums v. Tejrovic u. Skrej*. ebend. 1895. S. 495.
- C. Bañrois. *Les Terrains anciens des Asturies et de la Galice*. Lille 1882. — Ders. *Faune du Grès Armoricaïn*. *Ann. d. l. Soc. géol. du Nord*. Lille XIX. 1891. p. 134.
- J. Bergeron. *Massiv ancien situé au Sud du Plateau central*. Paris 1889.
- Malaise. *Terrain silurien du centre de la Belgique*. 1873.
- F. Frech. *Die paläoz. Bildungen von Cabrières (Languedoc)*. *Z. d. D. geol. Ges.* 1887. S. 360.
- C. W. Gümbel. *Geognost. Beschreibung des Fichtelgebirges*. Gotha 1879. S. 442—464.
- J. Barrande. *Faune silur. des environs de Hof*. Prag 1868. — J. F. Pompeckj. *Tremadoc-Fossilien bei Hof*.
- H. Loretz. *Beitr. z. geol. Kenntnis der cambrisch-phyllitischen Schieferreihe in Thüringen*. *Jahrb. d. k. pr. geol. La.* 1884. S. 175; ebend. 1883. S. 136; — ebend. 1884. S. 24; — ebend. 1884. S. 120.

- K. Th. Liebe. Übersicht über den Schichtenaufbau Ostthuringens. Abh. z. geol. Specialk. v. Preußen. Berlin 1884. — Liebe u. E. Zimmermann. Erl. z. Bl. Greiz Reichenbach- u. Weida. Berlin 1893.
E. Weise. Erl. z. Section Plauen-Oelsnitz d. geol. Specialkarte. v. Sachsen. Leipzig 1887.

Als cambrische Formation bezeichnet man ein Schichtensystem von local bis 3000 m Mächtigkeit, welches meist discordant dem Präcambrium oder archaischen Complexen auflagert und häufig selbst wieder gegen das nächst jüngere Silur durch Discordanzen begrenzt wird. Nur selten ist ein faunistischer und petrographischer Übergang zum Untersilur zu beobachten.

Petrographischer Charakter. Die verbreitetsten Gesteine des Cambriums sind grünlichgraue, schwärzliche oder rötliche, meist etwas glimmerglänzende Thonschiefer, ferner Grauwacken (in Norwegen Sparagmite) und Sandsteine, welche meist mit einem basalen Conglomerate, dem sicheren Anzeichen einer Transgression, beginnen. Das Vorkommen von Kalksteinen ist auf einzelne Gegenden (Andrarum, Sardinien, China, Korea) beschränkt, dieselben besitzen aber dann meist bedeutende Mächtigkeit.

Die cambrischen Gesteine sind fast überall stark gefaltet und in ihrer Lagerung gestört und haben hier einen dementsprechenden mehr oder weniger krystallinen Habitus angenommen (Phyllit, Marmor). Wo sich dieselben hingegen ausnahmsweise, wie z. B. in Esthland und Nordamerika, noch in normaler Lagerung befinden, ist auch ihre ursprüngliche Beschaffenheit als lockere Sandsteine, lose Sande und plastische Thone erhalten geblieben.

Diabaslager, hervorgegangen aus deckenartigen Ergüssen, sind dem Cambrium im Vergleiche mit dem Silur und Devon verhältnismäßig selten eingeschaltet (Vogtland, Norwegen, Wales).

Der paläontologische Charakter der cambrischen Formation. Von Pflanzen sind ausschließlich Fucoiden bekannt und auch die als solche angesprochenen Spuren z. T. noch zweifelhafter Natur. Dahingegen ist die cambrische Fauna eine bereits überraschend reiche und hat bis jetzt etwa 700 Arten geliefert. Ihr Gesamthabitus erhält durch das Vorwalten meist blinder Trilobiten und hornschaliger Brachiopoden sein charakteristisches Gepräge.

Die Trilobiten sind im Cambrium bereits zu großer Formenmannigfaltigkeit entwickelt, welche im Auftreten von mehr als 300 Arten zum Ausdruck gelangt. Gegenüber denen des Silurs und Devons zeichnen sie sich fast sämtlich durch den Mangel des Einrollungsvermögens, sowie meist auch durch das Fehlen von Augenlinsen, also durch Blindheit aus. Als ihre Hauptvertreter sind allgemein verbreitet folgende Geschlechter: *Olenellus* (Fig. 174), — *Agnostus* (Fig. 175 bis 177), *Paradoxides*, in z. T. bis 0,5 m großen Formen (Fig. 171), — *Conocoryphe* = *Conocephalus*

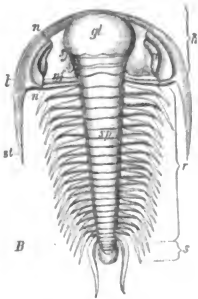


Fig. 171.

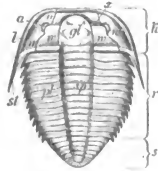


Fig. 172.

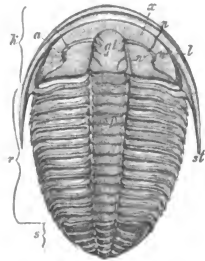


Fig. 173.

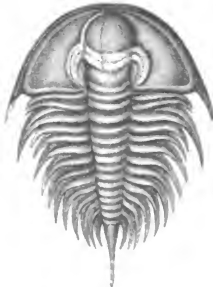


Fig. 174.



Fig. 175.

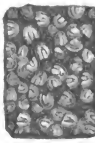


Fig. 176.



Fig. 177.

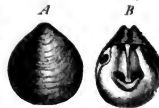


Fig. 179.



Fig. 178.

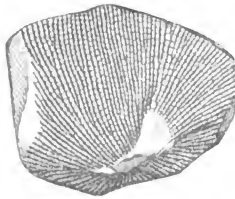


Fig. 180.

Cambrische Leitfossilien.

Trilobiten. Rückenschale. *k* = Kopschild, -- *r* = Rumpf, -- *s* = Schwanzschild, -- *gl* Glabella, -- *ac* = Wangen, -- *n* = Gesichtsnäht, -- *l* = Randsaum, -- *st* = Wangenstachel, -- *a* = Auge, -- *sp* = Spindel, -- *pl* = Pleuren.

Fig. 171. *Paradoxides bohemicus* Barr. — Fig. 172. *Olenus truncatus* Brunn. — Fig. 173. *Conocephalus* (*Conocoryphe*) *striatus* Emm. — Fig. 174. *Olenellus Thompsoni* Hall. — Fig. 175. *Aagnostus pisiformis* L.; vergrößert. — Fig. 176. Platte mit isolierten Kopf- und Schwanzschildern von *Ag. pisiformis*. — Fig. 177. *Aagnostus integer* Beyr.

Fig. 178. Cambri-scher Sandstein mit *Lingula prima*, darunter *Lingula antiqua*. — Fig. 179. *Obolus Apollinis* Eichw. Größere Klappe *A* von außen. *B* von innen. — Fig. 180. *Dictyonema flabelliforme*.

(Fig. 173), — *Ellipsocephalus*, — *Olenus* (Fig. 172), — *Dikelocephalus*. Im Obercambrium stellt sich außerdem noch eine ziemlich große Anzahl von Vorläufern solcher Trilobitenfamilien ein, deren Hauptentwicklung erst in das Silur fällt (so der Cheiruriden, Illaeniden, Asaphiden).

Nächst den an Formenreichtum alle Zeitgenossen überragenden Trilobiten sind im Cambrium die Brachiopoden verbreitet, und zwar bei weitem vorwiegend hornschalige, schlosslose Linguliden und Oboliden mit den Geschlechtern *Lingula* (Fig. 178), *Lingulella*, *Obolus* (Fig. 179), *Obolella*, *Mickwitzia*, *Discinolepis*, während sich Vertreter der kalkschaligen, schlosstragenden (*Orthis*, *Orthisina*, *Camarella*) nur ganz vereinzelt einstellen, um vom Silur ab die hornigen Arten vollständig in den Hintergrund zu drängen. Der älteste, sicher bekannte organische Rest ist ein Lingulide (*Lingulella ferruginea* Salt.). Für das oberste Cambrium ist *Dictyonema* (Fig. 180), ein den Graptolithen verwandtes Hydrozoöngeschlecht, charakteristisch.

Eine nur untergeordnete Rolle spielen neben den Trilobiten und Brachiopoden folgende Tiergruppen: die Spongien, vertreten durch *Protospongia* und *Archaeocyathus*, — die Medusen durch vier- oder fünfstrahlige Steinkerne der Leibeshöhle im untercambrischen Sandsteine Schwedens (*Spatangopsis*, *Protolyellia*), — die Würmer durch *Scolithus*, *Arenicolites* (Wurmrohren), *Nereiten* (Kriechspuren) und *Conodonten* (Kiefer), — die Pteropoden durch *Theca*, *Hyolithes*, — die Gastropoden durch *Scenella*, *Bellerophon*, *Maclurea*, *Euomphalus* (jedoch nur im Obercambrium), — die Ostracoden durch *Leperditia* und *Beyrichia*, — die Phyllopoden durch *Protocaris* und *Hymenocaris*. Korallen fehlen ganz; die Cephalopoden, welche im Silur einen so erstaunlichen Formen- und Individuenreichtum entwickeln, sind im Cambrium nur durch einige Orthoceren vertreten; Fische, Süßwasser- und Landtiere, sowie Landpflanzen existieren noch nicht.

Dreigliederung und Verbreitung der cambrischen Formation. Die soeben aufgeführten organischen Reste sind nicht gleichmäßig in der cambrischen Formation verteilt, sondern stellen eine Reihenfolge verschiedener, sich ablösender Faunen dar. Von besonderer Bedeutung sind die Trilobiten, welche nur den tiefsten Ablagerungen des Cambriums fehlen, dafür aber in den höheren Schichten, wie überhaupt im ganzen älteren Palaeozoicum die wichtigsten Leitfossilien liefern.

Die untersten Komplexe des **Untercambriums**, meist Sandsteine und Conglomerate, enthalten außer Brachiopoden (*Lingulella ferruginea* in England und *Orthis* in Böhmen) Kriechspuren von Würmern und Abdrücke von Medusen. Erst in der oberen Stufe dieser Abteilung finden sich die ältesten Trilobiten, nämlich die weit verbreitete Gattung *Olenellus*.

die von *Conocoryphe* begleitet wird. Die Gattung *Paradoxides* kennzeichnet im Vereine mit *Ellipsocephalus* das **Mittelcambrium**, — während *Olenus* mit zahlreichen verwandten Gattungen und Unter- gattungen, sowie *Dikelocephalus* als Leitfossilien für das **Obercam- bromium** zu betrachten sind. Zugleich erscheinen in diesem letzteren bereits silurische Typen, nämlich Vertreter der Cheiruriden, Illaeniden und Asa- phiden. Nur eine einzige Trilobiten-Gattung (*Agnostus*) steigt aus dem mittleren Teile des Cambriums bis in das Silur hinauf. Eine so scharfe Sonderung, wie sie die für die Unterabteilungen des Cambriums leitenden Typen *Olenellus*, *Paradoxides* und *Olenus* erkennen lassen, wiederholt sich in den späteren Trilobitenfaunen niemals; sie deutet auf die außerordent- lich lange Zeitdauer der cambrischen Periode hin, welche wohl derjenigen von Silur nebst Devon gleich kommen dürfte.

Obwohl der Name »Cambrium« auf Wales hindeutet, ist doch Skan- dinavien das klassische Land für das Studium dieser Formation, wo der Reichtum an Fossilien, die Einfachheit der Lagerungsverhältnisse und die geringe Mächtigkeit der einzelnen Stufen eine leichtere Übersicht gewähren. In Wales, Shropshire und Rossshire hingegen erschwert die verworrene Tectonik der überaus mächtigen und versteinerungsarmen Bildungen deren Erforschung in hohem Grade. In letzteren Zeiten ist jedoch hier und zwar besonders durch die Bemühungen von Hicks, Woodward, Lapworth, Peach und Horne ein bedeutsamer Fortschritt namentlich auch in der Kenntnis des Unter- und Mittelcambriums von England und Schottland erzielt und insbesondere die Übereinstimmung des britischen und skandinavischen Cambriums nachgewiesen worden.

Als Beispiel der Dreigliederung der cambrischen Formation mag diejenige des Cambriums von Schweden angeführt werden, welcher die Localnamen der entsprechenden englischen, meist die nämlichen Fossilien führenden Stufen beigelegt sind. Bezüglich anderer cambrischer Territorien, sowie der Specialgliederung des Cambriums wird auf die tabellarische Zu- sammenstellung auf S. 402 verwiesen.

I. Unter- und Mittelcambrium (Olenellus-Stufe). Eophytonsandstein. Grau- wacken, Schiefer und Conglomerate, welche den archaischen Gneissen dis- cordant auflagern (Fig. 181) und Abdrücke von Medusen, Hyolithes und Oboliden (*Mickwitzia*), ferner Bohrgänge von Würmern (*Scolithus*) und



Fig. 181.

a = Urgneiß; *a* und *b* = Cambrium; *a* = Eophytonsandstein; — *b* = unterer und oberer Alaunschiefer — *c*, *d* und *e* = Silur; *c* = Orthocerenkalk; — *d* = Graptolithon-schiefer; — *e* = Diabas-decke, — Kinn- kulle am Wener See in Schweden.

Gliederung und Parallelisierung des Cambriums verschiedener Länder.

Nach Fr. Frech.

	England	Schweden	Christiania	Ostsee-Provinzen	Böhmen	Ardennen, Frankreich, Nordspanien	Nord-Amerika
Ober-Cambrium (Olenus-Schichten)	Lingulaflags Oberes Dolgelly mit Dictyon, flabelliforme. Unteres Dolgelly mit Peltura scarabaeoides. Festiniog mit Conococephalus. Maentwrog mit Olenus truncatus und Agn. pisiformis.	Oberes Alaunschiefer: St. d. Dictyonema flabelliforme St. d. Peltura scarabaeoides. St. d. Parabolina spinulosa. St. d. Olenus truncatus. St. d. Olenus gibbosus.	Dictyonemaischiefer = 2 e. 2 d Pelturastufe. 2 c 2 b Parabolinastufe. 2 a Olenusstufe.	Dictyonemaischiefer zu unterst Conglomerate.	Lücke.	Dictyonemaischiefer der Ardennen. Phyllite von Salm	Dictyonemaischiefer. Peltura- und Dicelloccephalus-schichten. Potsdam-Group)
Mittel-Cambrium (Paradoxides-Schichten)	Menevian Oberes mit Paradox. Forchhammeri. Mittleres mit Par. Davidis. Unteres mit Par. Aurora. Solvay mit Par. solvensis u. Aurora.	Andrarum-Kalk: St. d. Agnost. laevigatus. St. d. Paradox. Forchhammeri. Untere Alaunschiefer: St. d. Paradox. Davidis. St. d. Paradox. Tessini. St. d. Paradox. Oelandicus.	Paradoxides-schiefer. 4 d mit Par. Forchhammeri. 4 c mit Par. Oelandicus.	Paradoxides-schiefer = C (Primordialstufe).		Paradoxides-schichten von Langedoc und Asturien	St. John- (Acadian) Group, im Osten mit Paradoxides, im Westen mit Agnostus und Asaphiscus
Unter-Cambrium (Olenellus-Schichten)	Olenellusschichten Harlech- Grauwacke mit Conococephalus. Caerfai mit Lingulella ferruginea u. primaeva. Comley-Sandst. m. Olenellus.	St. d. Olenellus Kjerulf. Fucoiden- und Eophyton-Sandstein. Versteinerungsleere Quarzite.	St. d. Olenellus Kjerulf. = 1 b Oberer Sparagmit	Blauer Thon, zu oberst St. d. Olenellus Mickwitzi Unterer Sandstein	Sandsteine u. Conglomerate etc. Kamenka (Jahn und Pompeck) = oberes B = Pzibramer Grauwacke	Phyllite von Revin und Fumay (Ardennen)	Georgia-Group (Olenellus Series). Basal-Series of Canada and Newfoundland.

früher als Pflanzenreste gedeutete Kriechspuren enthalten. Die obere kaum verschiedene Abteilung wird als *Fucoidensandstein* bezeichnet. An der oberen Grenze *Olenellus Kjerulfi* Linn. (In England: *Caerfai*. Sandstein und Schiefer mit *Lingulella ferruginea* und *Discina*, *Comley-Sandstein* mit *Olenellus*).

II. Mittelcambrium (Paradoxides-Stufe). Untere Alaunschiefer und Andrarumkalk Schonens; mit *Paradoxides*, *Ellipsocephalus*, *Conocephalus*, *Agnostus*; 48 m mächtig. (In England: *Menevian* mit *Parad. Forchhammeri*; Untere *Lingula*-Flags; *Solva* mit *Parad. Aurora*).

III. Obercambrium (Olenus-Stufe). Obere Alaunschiefer zu unterst mit *Olenus* und *Agnostus pisiformis*, in der Mitte mit *Parabolina* und *Peltura*, zu oberst *Dictyonemaschiefer* mit *Dictyonema flabelliforme*. (In England: *Dolgelly*, zu oberst mit *Dictyonema*; — *Festiniog*; *Maentwrog* mit *Olenus* und *Agnostus*. Obere *Lingula*-Flags).

Obwohl diese drei Hauptabteilungen einschließlich der oberen Grenzstufe sich innerhalb der meisten Verbreitungsgebiete des Cambriums wieder erkennen lassen, ist doch im übrigen die facielle Entwicklung der cambrischen Formation eine recht mannigfaltige. Schon der Umstand, dass die gleichen Unterabteilungen in England eine 10- bis 100 fach größere Mächtigkeit besitzen als in Skandinavien, deutet auf große Ungleichmäßigkeiten in der Verteilung der Sedimente hin.

Das Cambrium der russischen Ostseeprovinzen besteht aus 1. dem unteren Sandstein, welcher direct dem Granit aufgelagert ist, oben mit der Zone des *Olenellus Mickwitzi*, also *Untercambrium*; 2. dem blauen Thon mit Sandsteinbänken, — darüber versteinungsleere Sandsteine; 3. dem *Obolussandstein* (*Ungulitensandstein*) mit *O. Apollinis*, an der Basis mit Conglomeraten von Sandsteingeröllen; 4. dem obercambrischen *Dictyonemaschiefer*. Auf diesen folgt der *Glaukonitsand*, das tiefste Glied des *Untersilurs*. An der Gleichstellung der beiden unteren dieser Abteilungen mit dem *Untercambrium* Schwedens kann um so weniger gezweifelt werden, als sie die nämlichen Medusen-Abdrücke und zu oberst *Olenellus* enthalten, auch ist die petrographische Beschaffenheit, wenn man von der unverwischten Erhaltung des ursprünglichen Habitus der Sedimente in Russland absieht, nicht sehr verschieden: der Thon enthält sandige Zwischenlagen und der *Eophytonsandstein* Schieferbänke, die aus dem Thon hervorgegangen sind. Die *Obolensandsteine* entsprechen, obwohl ohne *Trilobiten*, den *Paradoxides*- und *Olenus*-stufen und sind wohl als die Küstenfacies des skandinavischen Mittel- und Obercambriums anzusehen, welche in tieferem Meere abgelagert wurden.

Während die Abweichungen in der Entwicklung der cambrischen Schichtenreihe in Nordeuropa auf verschiedenartige Faciesbildung innerhalb ein und desselben Meeresbeckens zurückzuführen sind, verhält sich

die Gliederung und Versteinerungsführung derselben in Böhmen in vieler Beziehung abweichend. Auch hier beginnt das Cambrium mit Grauwacken, Conglomeraten, quarzitischen Sandsteinen und Grauwackensandsteinen der Kamenna hurka und von Lohovic (Przibramer Grauwacke, oberer Teil der Etage *B* Barrande's), welche nach Jahn und Pompeckj eine Fauna vom Alter des UnterCambriums, also der Olenellusstufe enthalten, mit *Ellipsocephalus vetustus*, *Solenopleura torifrons*, *Orthis Ruthani* u. a., freilich ohne *Olenellus*, aber auch ohne den mittelcambrischen *Paradoxides* und *Agnostus*. Das MittelCambrium wird vertreten durch die *Paradoxidesschiefer* von Tejrovic, Skrej und Jinec (Etage *C* Barrande's; Primordialstufe) mit Einlagerungen von Sandsteinen, Conglomeraten und Eruptivgesteinen. Die in Britannien und Skandinavien so reich gegliederten *Paradoxidesschichten* enthalten in Böhmen eine einheitliche und von der nordeuropäischen verschiedenartige Trilobitenfauna (*Par. bohemicus* und *spinulosus*, *Conocoryphe*, *Ellipsocephalus*, *Arionellus*, *Agnostus* u. a.). Das OberCambrium fehlt in Böhmen vollständig.

Solche tiefgreifende Unterschiede in der Versteinerungsführung und Gliederung führen mit zwingender Notwendigkeit zu dem Schlusse, dass die cambrischen Schichten von Nordeuropa und Böhmen in durch Festlandsmassen getrennten Meeren zur Ablagerung gelangten. Diese Trennung hielt während der älteren Silurzeit an.

Die teils lückenhafte, teils versteinerungsarme Ausbildung des Cambriums in den übrigen Teilen von Europa macht eine weitere Durchführung solcher Vergleichen an dieser Stelle unthunlich. (Vergl. hingegen Frech, *Leth. palaeoz.* S. 19 u. f.).

Das ganze mitteldeutsche Silur, also dasjenige des Fichtelgebirges, Frankenwaldes, Thüringens, des Vogtlandes und Erzgebirges, wird von einer fast versteinerungsleeren Schichtenreihe unterlagert, welche sich in ihrem petrographischen Charakter innigst einerseits an das Untersilur, anderseits an die Phyllite anschließt, so dass sich Grenzen zwischen denselben nicht ziehen lassen. Man hat diese Schichten als Äquivalente des Praecambriums und Cambriums aufzufassen (s. S. 396).

Die untersten Complexe derselben bestehen aus z. T. noch sehr phyllitähnlichen, nach oben zu mehr grauwackenschieferartigen Thonschiefern von graugrüner bis blauschwarzer oder violetter Farbe mit Einlagerungen von Dachschiefern, Grauwacken, Quarzitschiefern, Kieselschiefern, Schieferporphyroiden, Amphiboliten. Ein ihnen eingeschalteter Alaunschiefer enthält *Archaeocyathus*-artige Reste K. v. Fritsch. Aus den wesentlich höher gelegenen Quarziten von Siegmundsburg in Thüringen beschrieb Loretz undeutliche Steinkerne von *Lingula*. Die obersten, meist quarzitischem gebünderten Complexe enthalten z. T. sehr zahlreiche Steinkerne eines See-

tanges, *Phycodes circinnatus* Richter (Fig. 182), und sind dann als Phycodenschiefer entwickelt.

In Nordfrankreich und Belgien kommen als Vertreter des Cambriums mächtige, versteinungsleere Phyllit- und Sandsteinbildungen vor, an der oberen Grenze mit den Dictyonemaschiefern der Ardennen. Paradoxidesschichten kennt man aus Nordspanien, der Sierra Morena und Languedoc; hier stellen sich am Südfalle des Centralplateaus auch Schiefer mit *Olenus* und *Dikelocephalus* ein. In Sardinien sind alle drei Abteilungen des Cambriums vertreten, die mittlere reich an *Archaeocyathus* (Bornemann).



Fig. 182. *Phycodes circinnatus* Richt.
Brongn. sp.

Die Entwicklung des Cambriums in Nordamerika*) weicht von der des europäischen nur unwesentlich ab. Die Äquivalente der Caerfai- und Eophytonstufe (unterstes Unter cambrium) sind in Canada und Neufundland bekannt und bestehen aus Conglomeraten und Sandsteinen (Basal-Series). Außerordentlich reich ist die Entwicklung der darauf folgenden eigentlichen Olenellusschichten (Georgia-Group). Das Mittelcambrium, die Paradoxidesstufe (St. John- oder Acadian-Group) ist nur im Osten Nordamerikas (Neufundland und Massachusetts) ähnlich wie in Skandinavien und England entwickelt und zeichnet sich durch z. T. riesenhafte Arten des genannten Trilobiten aus. Das Obercambrium (Potsdam-Group) ist besonders durch die reiche Entfaltung der Trilobitengattungen *Dikelocephalus* und *Bathyrurus* gekennzeichnet, während der für das europäische Obercambrium so charakteristische *Olenus* bis auf Neufundland vollkommen fehlt. An der oberen Grenze folgen Dictyonemaschiefer.

Auch innerhalb des nordamerikanischen Continentes zeigen sich in der Ausbildung der cambrischen Formation sehr wesentliche Unterschiede. Vor allem ist das Fehlen des Unter- und Mittelcambriums in den mittleren und südwestlichen Teilen des Continentes hervorzuheben. In den Black Hills in Wisconsin und Minnesota, in Texas und in dem großartigen auf S. 394 in Fig. 167 wiedergegebenen Profile des Grand Cañon**) lagern die obercambrischen Bildungen (Tonto-Group) unmittelbar und discordant auf vielfach gestörten algonkischen oder archaischen Schichten; es dürfte somit ein großes Areal zwischen Oberem See, Arizona und Texas während des älteren und

* Walcott. Cambrian Faunas of N. A. Bull. U. S. geol. Survey. No. 40. 1884, No. 30. 1886 u. No. 81. 1891 sowie Fauna of the Lower Cambrian. U. St. geol. Surv. X An. Rep. 1888. 89. S. 512 mit 50 Taf., u. vollständigem Litteratur-Verzeichnis.

** Fr. Frech. N. Jahrb. 1895 II. S. 453. Taf. III.

mittleren (Georgia- und Acadian-) Abschnittes der cambrischen Periode Festland gewesen sein. Jenseits desselben, in Nevada, Utah und British Columbia gelangte das Unter- und Mittelcambrium, ersteres als Olenellus-Schichten, letzteres als Olenoides- und Agnostus-Schichten (jedoch ohne Paradoxides), wieder zur Ablagerung.

So offenbart sich denn in Europa wie in Amerika das Vorhandensein ausgedehnter cambrischer Continente, und zwar indirect aus den mächtigen Conglomeraten, Grauwacken und Sandsteinen des Cambriums, anderseits aber auch aus dessen Stratigraphie, Transgression und Faciesbildung.

Die silurische Formation.

Als silurische Formation bezeichnet man eine bis über 6000 m mächtige Schichtenreihe von vorherrschenden thonigen und sandigen, sowie von jetzt weit mehr in den Vordergrund tretenden kalkigen Gesteinen, welche auf der cambrischen Formation auflagern, von der devonischen Formation überlagert werden und zum Teil reich an organischen Resten und zwar ausschließlich an solchen von einstigen Meeresbewohnern, also von Korallen, Graptolithen, Crinoideen, Brachiopoden, Cephalopoden und Trilobiten sind, während Land- und Süßwassertiere bis auf einige seltene in Gotland und Schottland gefundene Skorpione nicht bekannt sind.

Der **petrographische Charakter** der silurischen Schichtenreihe ist zwar kein constanter, vielmehr in den verschiedenen Bildungsgebieten des Silurs ein verschiedener, doch lässt sich im allgemeinen annehmen, dass Thonschiefer, Sandsteine, Grauwacken und Grauwackenschiefer, in manchen Gegenden auch z. T. versteinerungsreiche Kalksteine die vorherrschenden Gesteinsarten sind, zu welchen sich als untergeordnete Gebirgsglieder Conglomerate, Quarzite, Kieselschiefer, Alaunschiefer, Mergel und Dolomite gesellen.

Die Silurformation ist im allgemeinen ziemlich reich an Erzlagern, und zwar sind es Eisenerze, sowie Kupfer-, Blei- und Zinkerze, welche in Gestalt von Flützen, Imprägnationen und unregelmäßigen Einlagerungen als integrierende, also gleichalterige Glieder der Silurformation bekannt sind. Hierher gehören die Lager von oolithischem Roteisenerz im Untersilur von Böhmen und New-York, die Stöcke von Spateisenstein im Silur der Nordalpen, so bei Reichenau, Dienten, Neuberg, Admont, Werfen, Schwatz, die Thuringitschicht (ein Gemenge von Thuringit, Chamosit, Magnetit und deren Zersetzungsproducten) an der unteren Grenze des Silurs im Thüringer- und Frankenwalde, die Alaunschiefer mit mehr oder weniger großem Gehalte von Schwefelkies, die zahlreichen und ausgedehnten Flötze

von Brauneisenstein im untersilurischen Dolomite des großen appalachischen Thales von Nordamerika.

Nicht ohne Interesse, ja selbst von technischem Werte ist das, wenn auch seltene Vorkommen von Anthracitflötzen zwischen silurischen, zum Teil Graptolithen führenden Schieferen Schottlands, Irlands und Portugals. Das Material dieser Kohlengesteine kann außer von Graptolithen nur von Seetangen abstammen, da während der Zeit seiner Ablagerung höher organisierte Pflanzen noch nicht existierten. Auch Steinsalzeinlagerungen sind in der Silurformation vorhanden, aus welchen zahlreiche Salzquellen, z. B. bei Salina und Syracuse im Staate New-York, entspringen. In der canadischen Provinz Ontario sind im oberen Silur sechs Steinsalzflötze von 2 bis 12 m Mächtigkeit durchbohrt und im Silur der indischen Saltrange ebenfalls mehrere Steinsalzlager erteuft worden.

Der paläontologische Charakter der Silurformation. Die Flora und Fauna des silurischen Zeitalters war, abgesehen von einigen seltenen Skorpionen (Palaeophonus) aus dem Silur Schwedens und Schottlands, ausschließlich marin. So gehören denn die Vertreter des Pflanzenreiches sämtlich den Fucoiden, den Seetangen, und den Kalkalgen (Siphoneen) an. Ihres mangelhaften Erhaltungszustandes wegen ist der paläontologische Wert der ersteren nur ein geringer, ja viele früher für Fucoiden gehaltene Reste haben sich als Kriechspuren von Tieren herausgestellt*). Dahingegen ist die Beteiligung kalkabscheidender Siphoneen (namentlich Vermiporellen und Palaeoporellen) am Aufbau mächtiger Schichtencomplexe, z. B. des skandinavisch-baltischen Silurs, eine sehr wesentliche**).

Eine viel mannigfaltigere Entwicklung, einen viel größeren Formen- und Individuenreichtum hat die Tierwelt während der Silurperiode erlangt, so dass wir bereits weit über 10000 silurische Tierarten kennen. Die fortschrittliche Entwicklung des organischen Lebens offenbart sich in dieser Fauna dadurch, dass sich zu den beiden Haupttiergruppen des Cambriums, den Trilobiten und den hornschaligen Brachiopoden, eine Fülle von Cephalopoden, Kalk-Brachiopoden, Korallen, Graptolithen und Crinoiden gesellt, denen sich schließlich die ersten Fische anreihen.

Unter den niedrigst stehenden Tieren spielen die Radiolarien z. B. in den Hornsteinen und Kieselschiefern eine bedeutsame Rolle; auch Spongien sind ziemlich reichlich vertreten. Unter ihnen ist namentlich *Astylospongia praemorsa* Röm. (Fig. 183) hervorzuheben, welche auf Gotland, in Tennessee und als diluviales Geschiebe in der norddeutschen Ebene in größerer Häufigkeit nachgewiesen ist. Von fast derselben Bedeutung ist

* Nathorst. Kgl. Svens. Vetensk.-Acad. Handl. Stockholm. Bd. 18. No. 7. 1884 u. Bd. 21. No. 14.

** Stolley. Naturw. Wochenschrift. 1896. No. 45.

Aulocopium aurantium Röm. aus dem Untersilur von Esthland und als nordisches Geschiebe, ferner *Astraeospongia meniscus* Saff. Letzt-



Fig. 183. *Astylospongia praemorsa* Röm.



Fig. 184. *Omphyma subturbinatum* E. H.



genannter scheibenförmiger Schwamm zeichnet sich durch die Regelmäßigkeit und Größe seiner sechsstrahligen Spiculae aus.

Die Hauptmasse der silurischen Korallen gehört zu der Abteilung der Tetracoralla oder Rugosa, deren Sternlamellen stets vier, nie aber sechs Systeme bilden. Unter ihnen besitzen die Geschlechter *Omphyma*, *Streptelasma*, *Acervularia*, *Stauria*, *Syringophyllum*, *Cyathaxonia* die größte Verbreitung. Als besonders bezeichnende Formen mögen hier angeführt werden: *Streptelasma europaeum* F. Röm. (Fig. 185), auf der Außenseite sind die Primärsepta und die fiederig gestellten späteren Septen sichtbar; — *Goniophyllum pyramidale* His., eine vierseitige, mit 4 Deckeln versehene Koralle; — *Calostylis denticulata* Kjer.; — *Omphyma subturbinatum* E. H. (Fig. 184). Fast ebenso zahlreich wie die Rugosen sind die Tabulata im Silur vertreten; ihre Sternlamellen sind verkümmert, dahingegen Querböden in großer Vollkommenheit entwickelt. Namentlich sind die Gattungen *Calamopora* (*Favosites*) und *Syringopora* durch ihren Artenreichtum bezeichnend, steigen jedoch auch bis in das Devon hinauf. — *Halysites* (*Catenipora*) hingegen ist ausschließlich silurisch und deshalb ein treffliches Leitfossil. Die wichtigsten Arten sind *Calamopora gotlandica* Lam. (Fig. 186) und *Halysites catenularia* Linn. (Fig. 187). Der Korallenstock der ersteren besteht aus dicht neben einander stehenden, lang prismatischen Zellen, welche zahlreiche horizontale Querböden besitzen und durch Poren in den Seitenwänden mit einander in Verbindung stehen. Bei der zweiterwähnten Art sind lauter im Querschnitte ovale Röhrenzellen mit ihrem schmalen Ende verwachsen und wie Glieder einer Kette an einander gereiht. Horizontale Querböden sind ebenfalls vorhanden.

Zu den eigentümlichsten organischen Erscheinungen der silurischen Periode gehören die Graptolithen, welche man als den Sertularien ähnliche Entwicklungsstadien von Medusen deutet. Bei ihrer großen Häufigkeit, ihrer auffälligen und leicht kenntlichen Form und ihrer ausschließlich



Fig. 186. *Calamopora gotlandica* Lam.
a in natürl. Größe.
b etwas vergrößert, um die Poren und Querböden zu zeigen.



Fig. 187. *Halysites catenularia* Linn.

silurischen Verbreitung sind sie eines der wichtigsten Erkennungsmerkmale der Silurformation. Innerhalb derselben bilden sie mehrere, in England und Schonen sogar zahlreiche Horizonte, deren jeder eine ihm eigentümliche Graptolithenfauna birgt*). Die Graptolithen liegen fast stets in großer

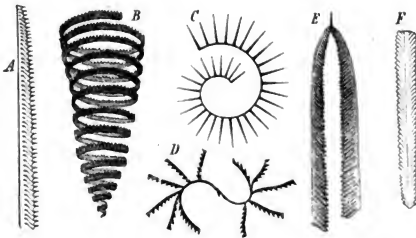


Fig. 188. Graptolithen.

A *Monograptus colonus* Barr. — B *Monograptus turriculatus* Barr. — C *Rastrites Linnei* Barr. — D *Coenograptus gracilis* Hall. — E *Didymograptus Murchisoni* Beck. — F *Diplograptus palmeus* Barr.

Anzahl vergesellschaftet auf den Schichtungsflächen der silurischen Schiefer (Graptolithenschiefer) und sind in diesem Falle stark zusammengedrückt; in sandigen und kalkigen Gesteinen sind sie zwar seltener, aber dann in natürlicher Wölbung erhalten. Die wichtigsten Graptolithen-Gattungen sind

* Lapworth. Ann. Mag. Nat. Hist. ser. 3. Vol. III. — Tullberg. Z. d. D. geol. Ges. 1883. S. 223. — Barrois. Ann. d. la Soc. géol. du Nord. Lille 1892 p. 73.

Monograptus, der Canal nur auf einer Seite mit zahnähnlichen Zellen versehen, z. B. *M. colonus* Barr. (Fig. 188 A), ferner *M. turriculatus* Barr. (Fig. 188 B) und *Didymograptus Murchisoni* Beck (Fig. 188 E); *Diplograptus* (Fig. 188 F) auf beiden Seiten mit Zellenfortsätzen, z. B. *D. pristis* Hiss.; *Rastrites*, mit langen, zarten, völlig getrennt und senkrecht auf der Achse stehenden Zellen, z. B. *R. Linnei* Barr. (Fig. 188 C), *Phyllograptus*, *Coenograptus* (Fig. 188 D) und *Retiolites*.

Von den Echinodermen sind die Seesterne (*Palaeaster*, *Protaster*, *Palaeocoma*) und Seeigel (und zwar *Perischoechiniden*) meist durch so vereinzelte Individuen vertreten, dass diese ohne Einfluss auf den Gesamthabitus der silurischen Fauna bleiben; dahingegen gehören die Crinoideen zu den charakteristischsten Erscheinungen des silurischen Zeitalters. So ist die Crinoideen-Abteilung der Cystideen, als deren Hauptvertreter die Gattung *Echinosphaerites* gilt, wesentlich silurisch und zwar untersilurisch. Unter diesen tritt namentlich der kugelfunde Kelch von

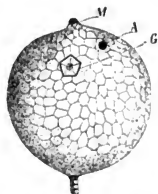


Fig. 189. *Echinosphaerites aurantium* Hiss. sp.

M Mund. — A After. — G Genitalpyramide.

Ech. aurantium Hisinger (Fig. 189) in zahlloser Menge der Individuen im nördlichen Europa auf. Die übrigen Cystideen-Gattungen, also z. B. *Cryptocrinus*, *Caryocystites*, *Echinocrinus*, *Hemicosmites*, kommen nur vereinzelter und in beschränkter geographischer Verbreitung vor. Die echten Crinoideen mit großen zusammengesetzten Armen und radial angeordneten Kelchtäfelchen haben ebenfalls im Obersilur bereits eine sehr bedeutende Entwicklung erlangt. Verhältnismäßig sehr verbreitet sind die Gattungen *Cyathocrinus*, *Taxocrinus*, *Melocrinus*, *Dimerocrinus*, *Lecanocrinus*. Allein aus dem obersilurischen

Korallenkalk der Insel Gotland sind 43 Gattungen mit 176 Arten von Eocrinoiden beschrieben.

Unter den verschiedenen Abteilungen der Mollusken spielen die Brachiopoden und Cephalopoden die wichtigste Rolle in der silurischen Fauna, und zwar von ersteren neben hornschaligen, schlosslosen Formen wie *Lingula* und *Discina* namentlich die kalkschaligen mit Schloss versehenen Geschlechter *Porambonites*, *Rhynchonella*, *Spirifer*, *Strophomena*, *Atrypa*, *Leptaena*, *Chonetes*, vorzugsweise aber *Orthis* und *Pentamerus*. Man kennt jetzt aus dem Silur gegen 2600 Arten von Brachiopoden. So ist *Orthis* durch über 400 Arten vertreten, von denen folgende ihrer großen geographischen Verbreitung wegen hervorzuheben sind: *O. elegantula* Dalm., — *O. canaliculata* Lindst. (Fig. 190) — *O. vespertilio* Sow. — *O. lynx* Eichw. (Fig. 192). *Chonetes striatella* Dalm. (Fig. 191) ist im Obersilur Nordeuropas und Amerikas, sowie

in erratischen Geschieben Norddeutschlands sehr häufig. Die Gattung *Pentamerus* ist bis auf einige Arten, welche in das Devon hinaufsteigen, auf die silurische Formation beschränkt und in dieser in etwa 40 Species bekannt. Von denselben besitzt namentlich *Pentamerus Knighti* Sow.



Fig. 190. *Orthis canaliculata* Lindst.



Fig. 191. *Chonetes striatella* Dalm.
(a' = Area; st = Stacheln.)

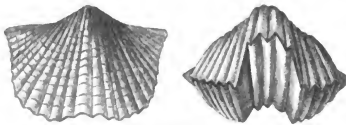


Fig. 192. *Orthis (Platystrophia) lynx* Eichw.



Fig. 193. *Pentamerus Knighti* Sow.

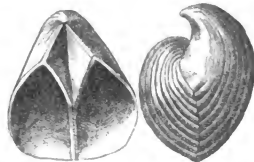


Fig. 194. *Pentamerus conchidium* Brongn.



Fig. 195. *Atrypa reticularis* Linn.
(sp = Spiralkegel.)



Fig. 196. *Strophomena depressa* Sow.

(Fig. 193) eine große Verbreitung in Deutschland, England, Schweden und Russland. Er, sowie *P. borealis*, *P. esthonus* und *P. conchidium* Brongn. (Fig. 194) füllen gewisse Bänke des Obersilurs ganz an. *Atrypa reticu-*

laris Linn. (Fig. 195) besitzt die größte Verbreitung unter allen Brachiopoden der silurischen Formation, ist jedoch dieser und dem Devon gemeinsam. *Strophomena depressa* Sow. (Fig. 196) kommt der vorigen Art an Zahl der Fundorte fast gleich und steigt ebenfalls in das Devon.

Die Zweischaler stehen, verglichen mit den Brachiopoden und Cephalopoden, an Wichtigkeit in der silurischen Fauna zurück. Vertreten sind namentlich die Gattungen *Avicula*, *Ambonychia*, *Myalina*, *Ctenodonta*, *Astarte*, *Lucina*, *Conocardium*, *Grammysia*, *Cardiola*. Von den zahlreichen in einander übergehenden Formen des letzten Genus ist *Card. interrupta* Sow. (Fig. 197) am verbreitetsten und am leichtesten kenntlich. Die silurischen Gastropoden*) gehören meist den Geschlechtern *Pleurotomaria*, *Murchisonia*, *Euomphalus*, *Eunema*, *Cyclonema*,

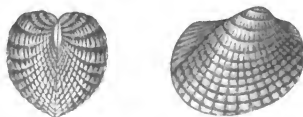


Fig. 197. *Cardiola interrupta* Sow.



Fig. 198. *Maclurea Logani* Salt.
a Gehäuse, b Deckel.

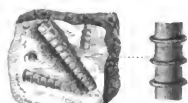


Fig. 199. *Tentaculites annulatus* Schloth.

Platyceras, *Loxonema*, *Bellerophon* und *Capulus* an; ausschließlich silurisch ist u. a. die Gattung *Maclurea*, welche besonders im amerikanischen Silur stark, nämlich durch 26 Species, vertreten ist, von denen wir *M. Logani* Salter (Fig. 198) hervorheben. — Von Pteropoden bedecken namentlich die Tentaculiten (Fig. 199) in unzähliger Menge die Schichtungsflächen gewisser silurischer Kalksteine und Thonschiefer. Hierher gehören auch *Theca*, *Conularia* und *Hyolithes*, welche in zahlreichen Species sehr verbreitet im Silur sind.

Die Cephalopoden sind im Silur ausschließlich durch Nautiléen vertreten und zwar durch mehr als 1800 Species (gegen 6 Nautilus-Arten der Jetztzeit), — die Vorläufer der Ammonoiten, welche in jüngeren Formationen eine so außerordentlich wichtige Rolle spielen, kennzeichnen den

*) E. Koken. Entwicklung der Gastropoden vom Cambr. bis zur Trias. N. J. Min. Beilageband VI. 1889. S. 303.

Beginn der devonischen Periode. Von den Nautilen erreicht das Genus *Orthoceras* (Fig. 201) bereits im Silur das Maximum seiner Entwicklung in über 1000 Arten und erzeugt z. B. in Schweden Riesenformen von 1,5 bis 2 m Länge. Ganz eigentümlich sind für die silurische Gruppe diejenigen Formen, bei welchen der Siphon sehr groß, kugelig — perlschnurartig und zum Teil im Inneren mit Obstructionsringen versehen ist, und die man als *Ormoceras* und *Huronia* von *Orthoceras* getrennt hat. Das Orthoceratiden-Genus *Endoceras* (Fig. 203) mit sehr weiten und langen, randständigen



Fig. 200.



Fig. 202.



Fig. 201.



Fig. 203.

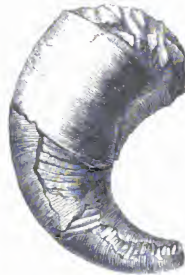


Fig. 205.



Fig. 204.

Silurische Cephalopoden.

Fig. 200 u. 201. *Gomphoceras bohemicum* Barr. (Fig. 201 die Mündung zeigend).

Fig. 202. *Lituites (Ophidioceras) simplex* Sow.

Fig. 203. *Endoceras duplex* Wahlenb.

Fig. 204. *Orthoceras tinidum* Barr.

Fig. 205. *Cyrtoceras Murchisoni* Barr.

Siphonalduten ist auf das Untersilur beschränkt. Dagegen sind die Gattungen *Phragmoceras*, *Gomphoceras* (Fig. 200 und 201), *Ascoceras*, *Trochoceras*, *Cyrtoceras* (Fig. 205), *Lituites* (Fig. 202) und *Nautilus* im ganzen Silur, zum Teil in zahlreichen Arten sehr verbreitet.

Von Anneliden (Gliederwürmern) sind chitinine Kiefer (Conodonten) besonders im Gotländer Obersilur überliefert.

Einen außerordentlich großen Formen- und Individuenreichtum entwickeln die Trilobiten im Silur. Sie erreichen den Höhepunkt ihrer Ent-

wicklung bereits im Untersilur. Die obersilurischen Trilobiten kommen ihren Vorfahren nur noch in der Zahl der Arten, nicht mehr in derjenigen der Gattungen gleich. Im Silur kennt man 128 Genera mit gegen 1600 Arten, so dass der eigentümliche Gesamteindruck der silurischen Fauna wesent-

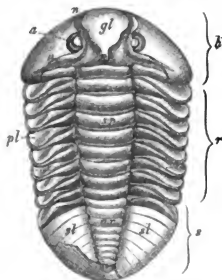


Fig. 206.

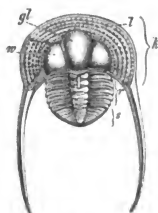


Fig. 207.



Fig. 208.

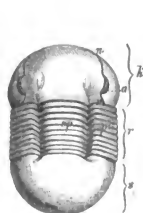


Fig. 209.

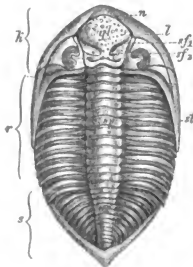


Fig. 210.

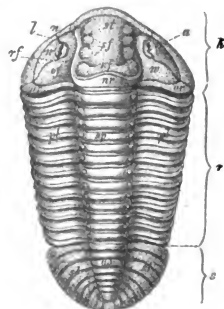


Fig. 211.

Silurische Trilobiten.

Rückenschale. *k* = Kopfschild, — *r* = Rumpf, — *s* = Schwanzschild, — *gl* = Glabella, — *w* = Wangen, *n* = Gesichtsnaht, — *l* = Randsaum, — *sf* = Wangenstachel, — *a* = Auge, — *sf* = Seitenfurchen, — *rf* = Rückenfurchen, — *sp* = Spindel, — *pl* = Pleuren.

Fig. 206. *Asaphus expansus* Linn.
Fig. 207. *Trinucleus ornatus* Stbg.
Fig. 208. *Illaeus Davisii* Salter.

Fig. 209. *Illaeus angustifrons* Holm.
Fig. 210. *Dalmanina caudata* Brunn.
Fig. 211. *Calymene Blumenbachi* Brgt.

lich von dieser erloschenen Crustaceen-Familie ausgeht. Viele silurische Trilobiten haben das Vermögen, sich zusammenzuzugeln. Die Unterseite mit den gegliederten Füßen ist nur in den seltensten Fällen erhalten. Die wichtigsten und artenreichsten silurischen Trilobiten-Geschlechter sind *Asaphus* (Fig. 206), *Illaeus* (Fig. 208), *Chasmops*, *Trinucleus*

(Fig. 207), Ogygia, Bronteus, Encrinurus, Sphaerexochus, Phacops, Cyphaspis, Acidaspis, Dalmania (Fig. 210), Calymene (Fig. 211), Cheirurus und Harpes.

Die Verteilung der zahlreichen Gattungen und Arten der Trilobiten liefert die besten Anhaltspunkte für die Gliederung des älteren Palaeozoicums und so auch des Silurs in Unterabteilungen und Stufen, sowie für die Trennung geographischer Provinzen.

Im Obersilur gesellen sich zu den Trilobiten die Eurypteriden (Fig. 212), riesige, bis 2 m lange Krebstiere mit kurzem breitem Kopfschild, dieses mit kleinen zusammengesetzten Augen, mit 6 gegliederten Beinpaaren und mächtigem, langgestrecktem, aus 12 Segmenten bestehendem Rumpf und Hinterleib, der in einen langen Stachel endet.

Zu den Crustaceen gehört ferner die im Obersilur und oberen Untersilur weit verbreitete Beyrichia, ein kleiner Muschelkrebs mit abgerundet vierreihigen Klappen, diese mit höckerig-warziger Oberfläche, und die glatte Leperditia. Endlich entstammen dem Obersilur Gotlands und Schottlands die seltenen Reste einiger Scorpione (Palaeophonus).

Von Wirbeltieren hat man in den unteren Niveaus des europäischen Silurs bis jetzt keine Spur entdeckt, erst im Obersilur erscheinen in England, Russland und Skandinavien Reste haiartiger Knorpelfische und Panzergranoiden anfänglich ganz vereinzelt (Pteraspis und Cephalaspis), dann in so großer Häufigkeit (Onchus), dass Flossenstacheln und emailierte Chagrinschuppen in England eine förmliche Lage von Knochenbreccie (bone-bed) von freilich an den meisten Localitäten nur 3 bis 8 cm Mächtigkeit gerade auf oder wenige Meter unter der Grenze zwischen Silur und Devon bilden.

Zweiteilung der silurischen Formation. Die aufgezählten Vertreter der silurischen Fauna gehören nicht sämtlichen Horizonten der Silurformation gemeinsam an, kommen also nicht in allen silurischen Schichtencomplexen vergesellschaftet vor, sondern repräsentieren vielmehr eine Aufeinanderfolge von sich gegenseitig ablösenden Faunen. Auf dieser Ver-

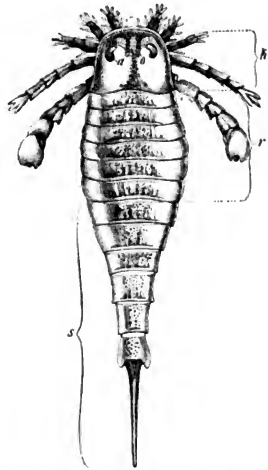


Fig. 212. *Eurypterus Fischeri* Eichw.
(k = Kopfschild, — r = Rumpf, — s = Schwanz.)

schiedenheit des paläontologischen Charakters in verschiedenen Niveaus der silurischen Formation beruht deren detaillierte Gliederung in zahlreiche Stufen, welche freilich meist nur locale Geltung besitzen. In allen Ländern jedoch, in welchen die Silurformation in einigermaßen vollständiger Entwicklung nachgewiesen ist, also besonders in England, Böhmen, Skandinavien und Nordamerika, hat man zwei Hauptabteilungen von allgemeiner Gültigkeit fixieren können und dieselben als Untersilur und Obersilur bezeichnet.

1. Im **Untersilur** gesellen sich zu den aus dem Cambrium heraufsteigenden Trilobiten-Geschlechtern *Ogygia*, *Agnostus* und *Asaphus* die ihm eigentümlichen neuen Gattungen *Aeglina*, *Illaenus*, *Ampyx*, *Acidaspis*, *Megalaspis*, *Trinucleus*, *Chasmops*, *Remopleurides* in zum Teil riesigen Arten, — die Graptolithen und zwar namentlich zweireihige und gegabelte Formen erreichen das Maximum ihrer Entwicklung, — von Brachiopoden erscheinen neben der bereits cambrischen *Lingula*, *Discina* und *Orthis* noch *Leptaena*, *Strophomena*, *Orthisina*, *Atrypa*, *Porambonites*, *Spirifer*, — die Nautiléen stellen sich reichlicher ein, so *Orthoceras*, *Endoceras*, *Cyrtoceras*, *Lituites*, — von Gastropoden *Maclurea*, die Crinoiden werden vorzüglich durch *Cystideen* vertreten, — Korallen spielen nur local eine Rolle.

2. Im **Obersilur** nehmen die Trilobiten bereits rasch ab. Wie vor Beginn des Untersilurs die S. 399 aufgezählten cambrischen Geschlechter, so sind im Obersilur die Gattungen *Agnostus*, *Trinucleus*, *Ogygia*, *Chasmops*, *Remopleurides*, *Asaphus*, *Aeglina*, *Megalaspis* bereits vollkommen erloschen. Dahingegen sind *Calymene*, *Phacops*, *Lichas*, *Dalmania*, *Proteus*, *Harpes* durch zahlreiche Arten vertreten. Ausschließlich obersilurisch sind *Bronteus* und *Arethusina*. Auch die Graptolithen nehmen an Mannigfaltigkeit ab und stellen einreihige Formen wie *Rastrites* und *Monograptus*. Die kalkschaligen Brachiopoden erheben sich zu großem Arten- und Formenreichtum, indem sich den älteren Gattungen namentlich *Pentamerus* und *Rhynchonella* anreihen. Gleiches gilt von den Nautiléen (*Orthoceras*, *Cyrtoceras*, *Phragmoceras*, *Gomphoceras*, *Trochoceras*, *Ascoceras* u. a.) mit gegen 1000 Arten. Die im Untersilur stellenweise so außerordentlich verbreiteten *Cystideen* nehmen schnell ab, wohingegen die bis dahin seltenen langarmigen, echten Crinoideen an Formen- und Individuenreichtum zunehmen und eine große Bedeutung und das Maximum ihrer Entwicklung erhalten; zugleich treten die ersten *Blastoideen* auf. Die Korallen (*tabulata* und *rugosa*) sowie *Stromatoporidae* erscheinen in großer Fülle und Mannigfaltigkeit und bilden ganze Korallenbänke. Dem obersten Silur gehören endlich die *Eurypteriden* und die ersten häufigeren *Knorpelfische* an.

Die geographische Verbreitung und speciellere Gliederung der

Silurformation (hierzu die tabellarische Übersicht auf S. 425). Das Silur besitzt in Europa drei Verbreitungsgebiete von verschiedenem Charakter ihrer Specialfaunen. Das erste begreift die britischen Inseln, Belgien und Nordfrankreich, — das zweite umfasst Norwegen, Schweden, die Ostseeprovinzen und das Innere Russlands, — dem dritten gehören die silurischen Areale Böhmens, Sachsens, Thüringens, des Fichtelgebirges, der Ostalpen, Südfrankreichs, Spaniens und Portugals an. In der Fauna dieser Provinzen machen sich die schärfsten Unterschiede im Untersilur geltend, um sich im Obersilur allmählich zu verwischen.

In Britannien besitzt das Silur seine Hauptentwicklung in Wales, ist aber auch an der Südküste von Cornwall, sowie im südlichen Schottland und im nördlichen Teile der irischen Insel bekannt. Die englischen Geologen gliedern die silurische Schichtenreihe ihrer Heimat in folgende Unterabteilungen:

II. Obersilur.

3. Ludlow Group, a. unterer Ludlow- oder Aymestry-Kalkstein, mit *Pentamerus Knighti*, *Rhynchonella Wilsoni*, *Lingula Lewisi*, *Orthoceras Ludense*, *Lituites giganteus*; *Eurypterus*. b. obere Ludlow-Schichten, mit *Orthis elegantula*, *Chonetes lata*, *Bellerophon trilobatus*, *Orthoceras bullatum*. c. Passage-beds: Downton-Sandstein, mit dem Bone-bed von Resten der ältesten Fische (*Onchus*, *Plectrodus*, *Pteraspis*), zu oberst die in den Old-Red übergehenden Ledbury-Schiefer.
2. Wenlock-Group, und zwar a. Woolhope-Kalk, b. Wenlock-Mergel und -Kalk (od. Dudley-Kalk) mit *Halysites catenularia*, *Calamopora Gotlandica*, *Omphyma turbinatum*, *Strophomena depressa*, *Pent. galeatus*, *Atrypa reticularis*, *Calymene Blumenbachi*, *Homalonotus delphinocephalus*, *Orthoceras annulatum*. In Nordengland vertreten durch die Riccarton-Graptolithenschiefer
4. Llandovery-Stufe mit *Pentamerus oblongus*, *P. lens*, *Orthis*, *Atrypa*, *Harpes*, *Encrinurus*, *Iliaenus*, *Calymene*, *Tentaculites annulatus*. Conglomerate, Sandsteine, Grauwacken, 300—700 m mächtig. Zu oberst Mayhill-Sandstein und Tarannon-Schiefer (mit *Rastrites*, *Monograptus*). Als Graptolithen-Facies die Stockdale-Schiefer.

I. Untersilur.

4. Bala oder Caradoc beds, kalkiger Sandstein mit viel Brachiopoden, z. B. *Orthis vespertilio*, *Orthis tricenaria*, *Strophomena grandis*. Maximum der Trilobiten, z. B. *Trinucleus concentricus*, *Iliaenus*, *Asaphus*; ferner *Echino-sphaerites*; zu oberst Hirnant-Kalk mit viel *Orthis*.
3. Llandeilo Flags, 4000—4500 m mächtig, mit viel Graptolithen, *Orthoceras duplex*, *Asaphus tyrannus*, *Ogygia Buchi*.
2. Arenig oder Stiperstone-Stufe, schwarze Thonschiefer und Quarzite, 800 m mächtig, mit *Didymograptus*, *Diplograptus* und viel Trilobiten, so *Ogygia*, *Asaphellus*, *Aeglina*, *Trinucleus*. In Nordengland vertreten durch die Skiddaw-Graptolithenschiefer.
4. Tremadoc-Schichten, Grauwackensandsteine und Schiefer noch mit einer Anzahl cambrischer Trilobiten (*Olenus*, *Agnostus*), daneben echt silurische Formen von *Asaphus*, *Ogygia* und *Cheirurus*, ferner mit *Tetragraptus* und *Bryograptus*.

In Norwegen lassen sich vorzüglich zwei große Regionen der Silurformation unterscheiden, nämlich die von Kristiania und die vom Mjøsensee. Die Silurschichten der Gegend von Bergen haben durch Dynamometamorphismus den Habitus krystalliner Schiefer erhalten (Reusch, vergl. S. 179). Höchst vollständig entwickelt und sehr genau erforscht ist das Silur in Schweden, wo auch die stratigraphischen Verhältnisse einfach liegen. Eine specielle Übersicht der Einzelstufen desselben ist für deutsche Geologen deshalb von besonderer Wichtigkeit, weil die Mehrzahl der für das schwedische Silur bezeichnenden Versteinerungen in den Diluvialgeschieben der norddeutschen Ebene vertreten, z. T. sogar zuerst aus diesen beschrieben worden ist.

Das Silur ist in Schweden in verschiedenen, durch archaische Areale getrennten Districten entwickelt und zwar das Untersilur vornehmlich in Dalekarlien, Schonen, Ost- und West-Gotland und auf der Insel Oeland, das Obersilur hingegen nur auf der Insel Gotland und in Schonen. Zu der nachfolgenden Übersicht, die im wesentlichen auf den Forschungen von Dames, Linnarsson, Tullberg, Nathorst, Lindström, Holm und Remelé beruht, ist zu bemerken, dass die aufgezählten Stufen keineswegs in jedem der schwedischen Silurareale vertreten sind, dass in diesen vielmehr eine ziemlich abweichende Faciesentwicklung herrscht. In petrographischer Beziehung kann man eine schieferige, meist graptolithenreiche und eine kalkige Facies unterscheiden. Von ihnen besitzen die Kalksteine, also die Ceratopogy-, Orthoceren- und Cystideenkalk eine allgemeinere Verbreitung als die schieferigen Bildungen. So ist z. B. der untere Graptolithenschiefer nur aus Schonen, der Brachiopodenschiefer nur aus der Provinz Gotland und von Oeland bekannt. Andererseits aber gehört der Trinucleusschiefer zu den verbreitetsten Bildungen, während Leptaenakalk nur in Dalekarlien vorkommt.

Die Silurformation Schwedens wird von oben nach unten in folgende Stufen gegliedert, wobei sich kalkige und schieferige Gebilde gegenseitig verdrängen, also gänzlich ersetzen können:

II. Obersilur.

Kalkfacies (Gotländer Kalk):

7. Grobkörnige, rosarote Cephalopodenkalke mit großen Phragmoceren (ohne *Ascoceras*).
6. Crinoideenkalk mit eingelagerten Stromatoporenriffen, diese bis 8 m mächtig, älteste echte Riffbildungen. Außerdem Cephalopoden- und Gastropodenkalke mit *Ascoceras*, sowie Schichten mit *Megalomus gotlandicus*.
5. Schicht mit *Pterygotus*; u. a. mit *Acervularien*, einer *Ophiure* und dem ältesten *Scorpion* (*Palaeophonus*).
4. Kalkstein, Oolithbänke und Mergel, hauptsächlichstes Korallenniveau, u. a. mit *Lucina prisca*, *Pterineen* und *Pentamerus oblongus*.
3. Mergelschiefer und Sandstein mit *Phacops Downingiae* und *Strophomena euglypha*.

2. Mergel mit *Stricklandinia lirata*; *Palaeocyclus porpita* und *Leperditia baltica*.
1. Rote Schiefer mit *Arachnophyllum diffluens*; *Syringophyllum organum*, *Spirifer exporrectus*, *Phacops quadrilineatus*.
Schieferige, graptolithenreiche Facies:
- von 7 u. 6 = *Cardiolaschiefer* mit *Cardiola interrupta* und *Monograptus*;
- von 3—4 = *Oberer Graptolithenschiefer* Ost- und West-Gotlands, Dalekarliens und Schonens, unten mit *Rastrites* und *Monograptus*, oben mit *Retiolites* und *Monograptus*.

I. Untersilur.

Kalkfacies:

6. *Leptaenakalk* Dalekarliens mit *Illaenus Linnarssoni*, zahlr. Brachiopoden und Korallen.
5. *Trinucleuskalk*.
4. Kalk mit *Chasinops macrurus*.
3. *Cystideenkalk* mit *Echinospaerites*, *Orthis calligramma*, *O. lynx*, *Chasmops conicophthalmus*.
2. *Orthoceraskalk* (*Vaginatenskalk*), seine beiden unteren Zonen gekennzeichnet durch das Vorwiegen der *Vaginat*en (*Endoceras*), die oberen durch die Häufigkeit der regulären *Orthoceren*:
 - d. oberer grauer *Orthocerenkalk* mit *Lituus lituus* und *Illaenus chiron*.
 - c. oberer roter *Orthocerenkalk* mit *Asaphus platyrus*.
 - b. unterer grauer *Orthocerenkalk* mit *Ptychopyge applanata*.
 - a. glaukonitischer *Orthocerenkalk* mit *Megalaspis planilimbata*.
1. Kalk mit gemischten cambrischen und silurischen Formen, z. B. *Ceratopyge forficula*, nebst *Cheirurus*, *Amphion*, *Agnostus*, *Dikellocephalus*, *Obolus*.

Schieferige Facies:

- von 6 = *Brachiopodenschiefer* West-Gotlands und Schonens mit *Staurocephalus clavifrons*, *Trinucl.* *Wahlenbergi*;
- von 5 = Untere schwarze und obere rote Schiefer mit *Trin.* *Wahlenbergi* und *Remopleur.* *radians*;
- von 4 u. 3 = Mittlerer Graptolithenschiefer Schonens mit *Didymograptus*;
- von 2 = Unterer Graptolithenschiefer mit *Didymograptus* und *Phyllograptus*.

In keinem Teile von Europa besitzt die silurische Formation eine solche Ausdehnung wie in Russland. Dort verbreitet sie sich von Petersburg aus einerseits nach Westen längs der Südseite des Finnischen Meerbusens durch ganz Estland und Nordlivland bis auf die Inseln Dagöe und Ösel, anderseits nach Osten an der Süd- und Südostseite des Ladoga-Sees. Ihre Schichten lagern fast vollkommen horizontal und bestehen zum Teil noch aus Thonen, losen Sanden, bituminösen Schiefen und thonigen Kalksteinen, so dass ihre petrographische Beschaffenheit eher an die jüngsten, als an eine der ältesten Sedimentformationen erinnert. Während in der Umgegend von Petersburg nur das Untersilur zur Ausbildung gelangt ist, lässt das silurische Territorium von Estland, Livland, Dagöe und Ösel eine vollständige Entwicklung der Silurformation erkennen, deren Gliederung nach Fr. Schmidt in der Tabelle auf S. 425 wiedergegeben ist. Auch an den beiderseitigen Abfällen des Ural erscheinen silurische Schichten in langgestreckten Zonen, sind jedoch steil aufgerichtet und bedeutend dislociert.

Viel beschränkter ist die Verbreitung des Silurs im mittleren Europa. Am vollständigsten entwickelt und am speciellsten untersucht ist es in Böhmen. Hier bildet dasselbe eine fast 20 Meilen lange und 2 bis 3 Meilen breite elliptische Mulde, deren Flügel einer gemeinsamen Hauptachse zufallen, welche von Prag über Beraun in der Richtung auf Pilsen läuft. Dieses silurische Becken lagert auf einem mächtigen Systeme von cambrischen Schiefern und Grauwacken, von Phylliten und Glimmerschiefern, und dieses auf Graniten und Gneißen auf. J. Barrande gliederte diese gesamte Schichtenreihe in eine Anzahl Etagen, die er mit A bis H bezeichnete. Von diesen haben sich später ergeben: A und z. T. B als Präcambrium, — oberer Teil von B und C als Cambrium (s. S. 402), — F, G und H als Devon. Dem Silur gehören die Etagen D und E an; letztere repräsentiert das Obersilur, so dass sich folgende Gliederung herausstellt:

II. Obersilur.

Etage E². Kalkstein, über 300 m mächtig, mit etwa 2500 fossilen Arten, darunter 403 Trilobiten (Calymene, Phacops, Cheirurus, Illaenus, Acidaspis), Maximum der Entwicklung der Cephalopoden (über 770 Arten), gegen 300 Brachiopoden, ferner Calamopora Gotlandica, Halysites catenularia, Cardiola interrupta, Crinoidenkalke.

Etage E¹. Graptolithenschiefer mit Retiolites und Rastrites; zu unterst mit Diplograptus.

I. Untersilur.

Etage D⁵. Graugelbe Schiefer mit Ampyx Portlocki, Agnostus tardus, Cheirurus, Remopleurides, Diplograptus.

Etage D⁴ u. D³. Glimmerige und schwarze Schiefer mit Aeglina rediviva, Cheirurus claviger, Asaphus nobilis, Trinucleus ornatus, Orthis, Cystideen.

Etage D². Quarzitische Sandsteine mit Asaphus nobilis, Acidaspis Buchi, Trinucleus Goldfussi, Dalmania socialis.

Etage D¹/₂. Schwarze Schiefer mit Placoparia, Asaphus, Aeglina, Illaenus, Ogygia, Orthis, Didymograptus.

Etage D¹/₃. Roteisenstein mit Amphion, Harpides, Didymograptus, Diabaslager.

Etage D¹/₄. Grauwacke und Conglomerate mit Lingula und Obolus.

Eine höchst auffällige Erscheinung innerhalb der Silurformation Böhmens erblickte Barrande darin, dass zwischen der normalen silurischen Schichtenreihe, und zwar in der Etage D, Einlagerungen von abweichender Gesteinsbeschaffenheit eingeschaltet seien, welche Vorläufer einer in ihrer Gesamtheit erst später, nämlich in der Etage E erscheinenden Tierwelt enthalten sollten. Er nannte dieselben Colonien und erklärte diese durch Einwanderungen aus benachbarten silurischen Meeresbecken, deren organische Entwicklung unabhängig vom böhmischen Silurmeere vor sich gegangen sei. Später haben sich diese »Colonien« als grabenartige Versenkungen von höheren Schichten (E) zwischen ältere erwiesen.

In Deutschland ist das Silur im Thüringer Wald, im Fichtelgebirge, im Frankenwald, im Vogtland, am Erzgebirge und in der Lausitz zur Entwicklung gelangt; außerdem sind im Kellerwald (Denckmann) und im

Unterharze obersilurische Kieseliefer nachgewiesen. In den vier erst-
genannten Gebieten gliedert sich dasselbe, und zwar nach Gümbel, Liebe
und Zimmermann wie folgt (vergl. Fig. 243).



Fig. 243. Profil durch die paläozoischen Schichten des Steinachthales.

Cambrium:	Devon:
c ₁ ältere quarzitische Schichten und grau-grüne Schiefer;	d ₁ Tentaculitenknollenkalke;
c ₂ jüngere Phycoden-reiche Schichten.	d ₂ Nereitenschichten, zu oberst dachschieferartig mit Tentaculiten;
Untersilur:	d ₃ Lehm- und Wetzsteinschiefer;
s ₁ untere Thuringitstufe;	d ₄ Cypridinenschiefer und Clymenienkalk.
s ₂ Griffelschiefer und Lederschiefer.	Colm:
Obersilur:	k ₁ Lydit;
s ₃ untere Graptolithenschiefer und Lydite, Ockerkalk und obere Graptolithenschiefer.	k ₂ schwarze Bröckelschiefer;
	k ₃ Lebestener Dachschiefer;
	k ₄ Colmgrauwacke und Thonschiefer.

II. Obersilur.

6. Obere Graptolithenschichten (Monograptusschiefer) = E² Barrande's, Alaunschiefer und Thonschiefer mit *Monograptus colonus*, *sagittarius*, *bohemicus*, *Diplograptus palmeus*, *Retiolites Geinitzianus*.
5. Ockerkalk, Knollen- und Flaserkalke nebst Partien von Spateisenstein oder nach dessen Oxydation von mürbem, gelbem Ocker. Mit *Crinoiden*-Stielen, *Orthoceras bohemicum*, *Cardiola interrupta*.
4. Untere Graptolithenschichten (Rastritesschiefer) = Mittelsilur = Etage E¹ Barrande's; Kieseliefer und Alaunschiefer mit *Monograptus priodon*, *gregarius*, *communis*, *fimbriatus* sowie *M. turriculatus*, *spiralis* und *Rastrites peregrinus*.

I. Untersilur.

3. Lederschiefer (lederbraune, rostfleckige, dünnblättrige Schiefer) und Dachschiefer. Im Vogtlande zu oberst Kieseliefer und Alaunschiefer, zu unterst mit einem Quarzitlager und dem oberen Thuringit- (oder Chamosit-)schiefer.
2. Griffelschiefer mit großen verzerrten Exemplaren von *Conularia*, *Asaphus* und *Ogygia*. Zu unterst mit einem unteren Quarzitlager und der unteren Stufe des Thuringitschiefers; oolithisches dunkelgrünes Thuringitgestein mit oolithischem Roteisenstein und Magneteisenerz, sowie grüne chloritische Chloropitschiefer; bei der Lamitzmühle NW. von Hof reich an *Orthis*.
1. Tremadoc-Schichten von Leimitz und Neuhoß bei Hof, graue und gelbliche, milde Thonschiefer mit *Olenus*, *Dikelocephalus*, *Niobe*, *Amphion*, *Euloma*, *Ceratopyge* (Barrande, Gümbel, Pompeckj).
Darunter das Cambrium (S. 404).

Die Grauwacken und Quarzite, welche im nördlichen Sachsen bei Leipzig, Oschatz und Kamenz auftreten und in die angrenzende Lausitz bis Görlitz fortsetzen, ebenso die Thonschiefer und Kieseliefer, die bei Goldberg in Niederschlesien auf die dortigen Phyllite folgen, dürften z. T. cambrischen

und untersilurischen Alters sein. In ihrem Hangenden kommen zwischen Kamenz und Görlitz an verschiedenen Stellen Graptolithenschiefer vor.

In den Ost-Alpen (Kärnten, Krain, Karnische Alpen) lagert sich eine schmale zerstückelte Zone silurischer Grauwacken, Kalksteine und Thonschiefer an die Nord-, Süd- und Ostflanke der centralen Gneiß- und krystallinischen Schiefer. Das dortige Untersilur besteht aus Thonschiefern, Grauwacken und Quarziten mit *Strophomena* und *Orthis*, sowie Crinoidenkalken, — das Obersilur zu unterst aus Graptolithenschiefern und Plattenkalken, darüber dunklen oder hellroten Korallen-, *Orthoceren*- und *Cardiolakalken* (siehe die Tabelle S. 425). Am ähnlichsten ist dieses Silur demjenigen von Böhmen*).

In Frankreich hat die Silurformation keine sehr große Verbreitung; hauptsächlich tritt sie in der Bretagne und Normandie auf und schließt sich hier vollkommen dem englischen Silur an, während dasjenige von Südfrankreich, Asturien, der Sierra Morena und Sardinien mehr mit Böhmen übereinstimmt (siehe die Tabelle S. 425).

Die großartigste Verbreitung hat das Silur in Nordamerika. Es ist bereits früher hervorgehoben worden, dass das geologische Gerippe dieses Continentes von zwei archaischen Gesteinszonen, der appalachischen und der canadischen gebildet wird, welche sich an der Mündung des Lorenzstromes mit einander vereinen. Der Winkel zwischen diesen beiden ältesten Gesteinszonen wurde von einem silurischen Meerbusen eingenommen, dessen Sedimente heute in Form paralleler Bänder in den Alleghanies und am südlichen Rande der canadischen Gneißzone zu Tage ausgehen, um sich von hier aus einerseits in das östliche Canada (Quebek), anderseits durch Wisconsin und Minnesota nach Nordwesten bis in die arktischen Regionen zu wenden. Als typisch für alle diese Ablagerungen gilt die Gliederung des Silurs von New-York, wie sie im wesentlichen von James Hall herrührt.

II. Obersilur.

42. Waterlime, Kalksteine mit *Eurypterus*, *Tentaculiten*, *Leperditia*.
44. Onondaga-Salzgruppe (= Salina-Mergel, Gyps, Mergel, Steinsalz, Sandstein.
40. Guelph-Kalkstein, mit *Megalomus*, *Pentamerus*, *Murchisonia*.
9. Niagara-Kalkstein, mit viel Korallen und Crinoideen, so *Halysites*, *Calamopora*, *Stromatopora*, *Caryocrinus*, *Stephanocrinus*, ferner *Brachiopoden*, so *Strophomena depressa*, *Atrypa nodostriata*, *Spirifer sulcatus*, *Rhynchonella*, *Orthis*, *Trilobiten*: *Dalmania*, *Lichas*, *Homalonotus delphinocephalus*, *Calymene Blumenbachi*, *Beyrichia*.
8. Clinton-Sandstein und -Kalkstein, mit *Pentamerus oblongus*, *Atrypa reticularis*, *Zaphrentis bilateralis*.
7. Medina-Sandstein, mit *Arthropycus Harlani*, *Lingulella cuneata*.
6. Oneida-Conglomerat.

*) G. Stache. Z. d. d. geol. Ges. 1884. S. 277. — F. Frech. Ebend. 1887. S. 659, sowie Karnische Alpen. Halle. 1894. S. 208.

1. Untersilur.

5. Hudson-River-Schiefer oder Cincinnati-Gruppe, mit *Syringopora*, *Halysites*, *Orthis*, *Avicula*, *Calymene Blumenbachi*, *Trinucleus concentricus*, nebst
 4. Utica-Schiefer mit *Diplograptus*, *Didymograptus*.
 3. Trenton-Gruppe mit a. Trentonkalk oder -dolomit, b. Black-River-Kalk, c. Birdseye-Kalk, mit *Cystideen*, *Orthis lynx*, *Orthis testudinaria*, *Leptaena depressa*, *Murchisonia*, *Bellerophon*, *Orthoceras junceum*, *Ormoceras*, *Endoceras*, *Cyrtoceras*, *Asaphus gigas*, *Trinucleus concentricus*, *Calymene senaria*, *Cheirurus*.
 2. Chazy-Kalkstein, mit *Endoceras*, *Maclurea magna* und *M. Logani*, darunter der
 1. Calcareous-Sandstein, mit *Graptolithen*, *Leptaena*, *Conocardium*, *Maclurea*, *Dikelocephalus*, *Iliaenus*, *Ampyx*, *Bathyrus*.
- 4 und 2 = Quebec-Gruppe Canadas, Stockbridge-Kalk New-Yorks.

Höchst bemerkenswert ist die Thatsache, dass die nordamerikanischen Silurbildungen mit Bezug auf Gliederung und organischen Inhalt weit mehr Verwandtschaft mit denen Englands und Skandinaviens zeigen, als diese mit den gleichalterigen Schichten Mittel- und Südeuropas. Derartige verwandte Züge offenbaren sich z. B. in dem Vorkommen riesiger Asaphiden nahe der Basis des Untersilurs (Trentongruppe, Llandeilo, Orthocerenkalk), in dem Auftreten länglicher Pentameren (*P. oblongus*, *P. estonus*) in der Mitte des Silurs (Clintongruppe, Llandovery, Stufe des *P. estonus*), in der auffallenden Übereinstimmung des Wenlock- und Niagarakalkes, sowie der Eurypteruschichten von New-York und Oesel.

Im Untersilur und zwar im Trenton-Dolomit setzen die großartigen Erz-lagerstätten der Bleiglanzregion am oberen Mississippi auf. Dieselbe dehnt sich in dem nach SO offenen Winkel aus, welcher von dem Wisconsin- und Mississippistrom geformt wird, nimmt 126 deutsche Quadratmeilen Flächenraum ein und gehört dem südlichen Wisconsin, dem nordwestlichen Illinois und dem äußersten Osten von Iowa an*). Der Trenton-Dolomit, auch dort horizontal gelagert, wird durchzogen von unzähligen,

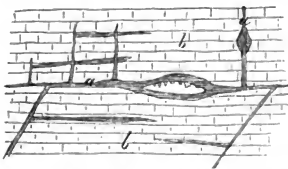


Fig. 214. Bleiglangänge und -höhlen a im untersilurischen Dolomite b am oberen Mississippi. Nach Whitney.

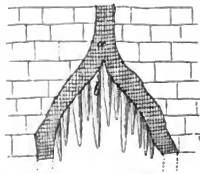


Fig. 215. »Schlote« einer Bleiglanzhöhle am oberen Mississippi, incrustiert von Bleiglanz a und Kalksinter b. Nach Whitney.

* Whitney. Geol. Survey of the Upper Mississippi Lead Region. 1862.

verticalen, horizontalen und diagonalen Spalten (Fig. 214) und umschließt geräumige Höhlen von unregelmäßiger oder glockenförmiger Gestalt. Diese sind ausgekleidet oder ausgefüllt durch Bleiglanz, Zinkblende, Kupferkies, Schwefelkies, Galmei, Eisenerz und Kalksinter. Von der Decke vieler Bleiglanzhöhlen laufen kegelförmige Hohlräume, sog. Schlöte aus, welche zum Teil von einer Lage Bleiglanz ausgekleidet und dann von Kalkstalaktiten incrustiert sind (siehe Fig. 215). Der Process der Ausfüllung der Spaltenräume innerhalb der silurischen Dolomite ging noch in den neuesten geologischen Zeiträumen vor sich. Der Fund von durch grobkristallinen Bleiglanz zusammengeklebten und von solchem incrustierten Elephas-knochenbruchstücken in zu Tage ausgehenden Gangspalten liefert hierfür den sprechenden Beweis.

Eruptivgesteine in silurischen Territorien. Mit der im Vorhergehenden beschriebenen silurischen Schichtenreihe stehen Eruptivgesteine, und zwar vorzugsweise Diabase, in engster Beziehung.

Die Diabase sind die vulkanischen Gesteine der ältesten geologischen Zeitalter und demnach auch der Silurperiode. Nach ihrem Empordringen aus der Tiefe haben sie sich deckenartig über beträchtliche Strecken des damaligen Meereshodens ausgebreitet und sind später von jüngeren silurischen Sedimenten bedeckt worden. Als integrierende Teile des silurischen Systems mussten diese Diabaseinlagerungen an allen in späteren Zeiträumen vor sich gehenden Störungen des Schichtenbaues teilnehmen (vergl. Fig. 216).

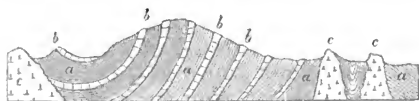


Fig. 216. Profil durch die Gelli Hills (Wales). Nach Murchison.
a Untersilurische Schiefer; — b Lager von Diabas und Diabastuff; — c Gänge und Stöcke von Diabas.

Mit dem Empordringen der glutflüssigen Diabasmassen gingen Eruptionen von vulkanischen Aschen, Sanden und Lapillen Hand in Hand. Dieses losen vulkanischen Materiales bemächtigten sich die silurischen Wogen, ebneten es zu ausgedehnten Schichten und vermengten es zum Teil mit ihren eigenen Sedimenten, sowie den Resten ihrer Bewohner. Auf diese Weise entstanden die nicht selten versteinerungsführenden Diabastuffe und Schalsteine, welche in reine Grauwackenschiefer übergehen können, eine Erscheinung, durch welche die Gleichzeitigkeit zahlreicher Diabaseruptionen und gewisser silurischer Ablagerungen außer Zweifel gesetzt wird. Derartige Diabasgesteine spielen in vielen Silurterritorien, so in denen des Vogtlandes, Erzgebirges, Fichtelgebirges, Böhmens und Englands eine nicht unwichtige Rolle.

Gliederung und Parallelisierung der Silurformation

in verschiedenen Ländern. Nach P. Froch,

[illegible]

Die devonische Formation.

(Das Devon).

Allgemeine Litteratur.

Fr. Frech. *Lethaea palaeozoica*. II. Stuttgart 1897. S. 117—256.

Litteratur über das Devon Deutschlands:

des Rheinischen Schiefergebirges:

- H. von Dechen. *Geol. u. paläont. Übersicht d. Rheinprovinz u. d. Prov. Westfalen*. Bonn 1884. S. 27—33 u. S. 73—207.
- F. Römer. *Das Rheinische Schiefergebirge*. Hannover 1844; ferner *Z. d. D. geol. Ges.* 1855. S. 377; 1856. S. 648; 1875. S. 734.
- F. u. G. Sandberger. *Beschreibung u. Abbildung der Versteinerungen des rheinischen Schichtensystems in Nassau*. Wiesbaden 1850—1856. — *Entwicklung der unt. Abt. des Devon. Systems in Nassau*. Wiesbaden 1889.
- E. Kayser. *Studien aus dem Gebiete des rheinischen Devons*. *Z. d. D. geol. Ges.* 1870. S. 844; 1874. S. 289 u. 491; 1872. S. 653; 1873. S. 602 u. 753; 1877. S. 407; 1879. S. 304; 1883. S. 306; 1889. S. 288. — *Jahrb. d. k. pr. geol. La.* Berlin 1884. S. 54 u. 490; 1882. S. 120; 1883. S. 4; 1884. S. 9; 1890. S. 95. — *Fauna des Dalmantensandst. v. Kleinlinden*. Marburg 1896.
- E. Kayser u. E. Holzapfel. *Die stratigr. Bez. des böhm. u. rheinischen Devon*. *Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.* 1894. S. 479.
- C. Koch. *Gliederung der rhein. Unterdevon-Schichten zwischen Taunus u. Westerwald*. *Jahrb. d. k. pr. geol. La.* Berlin 1880. S. 490.
- F. Maurer. *Der Kalk v. Greifenstein*. *N. Jahrb.* 1881. 1. Beil. Bd. S. 4.
- F. Frech. *Die Cyathoph. u. Zaphrent. d. Deutschen Mitteldevons (u. Gliederung desselben)*. *Paläont. Abh.* III. Heft 2. Berlin 1886. — *Korallenfauna des Oberdevons*. *Z. d. D. geol. Ges.* 1885. S. 21 u. S. 946. — *Geologie d. Umg. von Haiger (Nassau)*. *Abh. d. k. pr. geol. La.* Berlin 1888. S. 4. — *Das rheinische Unterdevon u. d. Stellung des Hercyn.* *Z. d. D. geol. Ges.* 1889. S. 475.
- E. Holzapfel. *Lagerungsverh. des Devons zwischen Roer- u. Vichthal*. *Verh. d. nat. Ver. f. Rheinl.-Westf.* 1883. B. XL. S. 397. — *Die Goniatiten-Kalke von Adorf*. *Palaeontogr.* IV. 1882. — *Das Rheintal von Bingerbrück bis Lahnstein*. *Abh. d. k. pr. geol. La.* Heft 45. Berlin 1893. — *Das obere Mitteldevon im rheinischen Gebirge*. ebend. Heft 47. 1895.
- A. Denckmann. *Devon des Kellerwaldes*. *Jahrb. d. k. pr. geol. La.* 1892. S. 42; 1894. S. 8, u. *Z. d. D. geol. Ges.* 1896. S. 228.
- O. Follmann. *Die unterdevonischen Schichten von Olkenbach*. Bonn 1882. Diss.
- G. Meyer. *Der mitteldevonische Kalk von Paffrath*. Bonn 1879. Diss.
- E. Schulz. *Die Eifelkalkmulde von Hillesheim*. *Jahrb. d. k. pr. geol. La.* 1882. S. 4.
- E. Waldschmidt. *Devonschichten d. Geg. v. Wildungen*. *Z. d. D. geol. Ges.* 1885. S. 906.

des Oberharzes:

- F. A. Römer. *Beiträge zur Kenntnis des nordwestlichen Harzes*. Kassel 1850. S. 63; 1855. S. 432 und 452; 1860. S. 439; *Z. d. D. geol. Ges.* 1865. S. 386.
- A. von Groddeck. *Abriss d. Geognosie des Harzes*. 2. Aufl. Clausthal 1883. S. 23 u. 87. Ferner *Z. d. D. geol. Ges.* 1872. S. 605; 1876. S. 361 u. 1877. S. 429.
- F. Klockmann. *Geol. d. westl. Oberharzes*. ebend. 1893. S. 257. Ferner *Berg- u. Hüttenwesen des Oberharzes*. Stuttgart 1895. S. 4.

L. Beushausen. Der Oberharzer Spiriferensandstein. Abh. d. k. pr. geol. La. VI. Heft 4. Berlin 1884. — Ders. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1893. S. 33, u. 1894. S. XXV. Ferner Z. d. D. geol. Ges. 1896. S. 223.

M. Koch. Schichten zwischen Bruchberg-Acker und dem Oberharzer Diabaszug. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1894. S. 183.

des Unterharzes:

E. Kayser. Fauna des Hauptquarzits u. d. Zorger Schiefer. Abh. d. k. pr. geol. La. II. 1. 1889. — Fauna d. ältesten Devonablagerungen des Harzes; ebend. 1878 B. II. H. 4.

M. Koch. Culm- u. Devonablagerungen nördlich von Elbingerode, Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1893. S. 134; 1894. S. 199. — Ders., L. Beushausen u. A. Denckmann. ebend. 1895. S. 127.

sonstiger deutscher Gebiete:

C. W. Gümbel. Geogn. Beschreib. d. Fichtelgebirges. Gotha 1879. S. 464 — 526.

K. Th. Liebe. Übersicht über den Schichtenaufbau Ostthüringens. Abh. z. geol. Spezialkarte v. Preußen Bd. V. Heft 4. Berlin 1884.

W. Dames. Über die in d. Umgegend Freiburgs in Niederschlesien auftretenden devonischen Ablagerungen. Z. d. D. geol. Ges. 1868. S. 409.

F. Römer. Geologie von Oberschlesien. Breslau 1870. S. 5—39.

E. Tietze. D. devon. Schiefer v. Ebersdorf in der Grafschaft Glatz. Palaeontogr. 1870.

G. Gürich. Erl. z. geol. Übersichtskarte von Schlesien. Breslau 1890. S. 46.

Als devonische Formation bezeichnet man eine stellenweise über 6000 m Mächtigkeit erreichende Schichtenreihe von vorherrschenden sandigen, thonigen, sowie kalkigen Gesteinen, welche auf der silurischen Formation aufruhend, von der carbonischen Formation überlagert werden und die Reste der ersten Landpflanzen, nämlich Gefäßkryptogamen und Coniferen, ferner solche von Korallen, Crinoiden und Mollusken, sowie von Trilobiten und von bereits zahlreicheren Fischen umschließen.

Der **petrographische Charakter** der devonischen Schichtenreihe ist im großen Ganzen ziemlich mannigfaltig und in den verschiedenen Gebieten dieser Formation inconstant. Sandsteine, Quarzite, Conglomerate, Grauwacken, Thonschiefer und Kalksteine bilden das wichtigste Material des devonischen Systems, innerhalb dessen die drei erstgenannten Gesteine in manchen Gegenden, z. B. Nordamerikas, Englands und Schottlands, eine vor den übrigen bei weitem hervorragende Rolle spielen. Nach diesem ihrem localen petrographischen Charakter wurde dort die devonische Formation als Old-red-sandstone bezeichnet. In Westfalen, Rheinpreußen und dem Harze hingegen besteht nur die untere Gruppe aus sandigen Schiefern, Sandsteinen, Quarziten und Conglomeraten, die mittleren und oberen Etagen hingegen aus Kalksteinen und Thonschiefern. Ganz eigentümlich ist das Auftreten von versteinierungsführenden Kalksteinnieren und -linsen zwischen Thonschiefern, so dass erstere fast wie Mandeln in den letzteren erscheinen. Nach ihrer Zerstörung durch die Atmosphärrilien erhält das Gestein ein löcheriges Aussehen (Flaserkalk, Knotenkalk, Kramenzelkalk).

Selten und nur in höchst untergeordneter Weise treten Brandschiefer, Steinkohle und Anthracit in wenig mächtigen Flötzen und Nestern zwischen der devonischen Schichtenreihe auf. Dahingegen gehören die großartigen unterirdischen Petroleum-Reservoirs im nördlichen Pennsylvanien dem obersten Devon an, indem sich Erdöl, im Verein mit Salzwasser und Kohlenwasserstoffgasen, in Spalten und Hohlräumen des oberdevonischen Sandsteines angesammelt hat*). Flötzartige Einlagerungen von oolithischem, dichtem oder kalkigem Roteisenerz und Brauneisenerz und endlich linsen- und flötzförmige Lagerstätten von Schwefelmetallen sind als Glieder der devonischen Schichtenreihe bekannt. Die großartigste und berühmteste derselben ist die des Rammelsberges bei Goslar**). Dieselbe bildet ein deutlich geschichtetes Lager in dem liegenden Flügel einer überkippten Falte des Devons (Fig. 217). Infolge dieser Überkippung besteht die Höhe

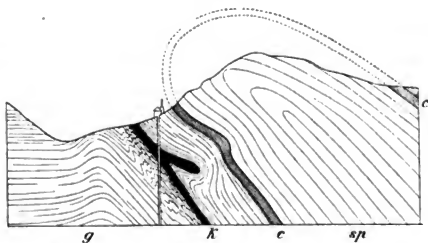


Fig. 217. Profil durch den Rammelsberg bei Goslar.

sp = Spiriferen-Sandstein; — *c* = Calceola-Schiefer; — *g* = mitteldevonische (Goslarer) Schiefer mit dem Erzlager *k*; in überkippter Stellung. Nach *Fr. Klockmann*.

des Rammelsberges aus unterdevonischem Spiriferensandstein (*sp*), sein nördliches Gehänge zu oberst aus mitteldevonischem Calceolaschiefer (*c*) und darunter aus Goslarer Schiefer (*g*). Das den letzteren concordant eingelagerte Erzlager ist bei dem Vollzuge jener Überkippung an seiner Grenze vielfach gefaltet und eingebuchtet worden. Die bedeutendste dieser Einfaltungen hat zur Bildung des sog. hangenden Trums geführt. Die 12 bis 20 m mächtige Lagerstätte baut sich aus verschiedenen Erz-zonen auf, deren älteste aus dem Kupferkniest, einem mit Kies durchwachsenen Schiefer besteht. Auf ihn folgt eine Zone von dichtgemengtem Kupferkies und

*) H. Höfer. Die Petroleum-Industrie Nordamerikas. Wien 1877. III. Abschnitt. — M. Klittke. Naturgas u. s. w. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1894. S. 272.

**) Fr. Wimmer. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- und Salin.-Wesen im pr. Staat. 1877. S. 419. — G. Köhler, ebend. 1882. S. 34 u. 278. — A. Stelzner. Z. d. D. geol. Ges. 1881. S. 808. — K. A. Lossen, ebenda. 1876. S. 777. — F. Klockmann. Berg- u. Hüttenwes. d. Oberharzes. Stuttgart 1895. S. 57.

Schwefelkies, dann eine solche von »melierten Erzen« (inniges, feinschichtiges Gemenge von Kiesen und Bleiglanz) und schließlich die eigentlichen Bleierze (feine Gemenge von Bleiglanz, Schwefelkies, Blende und Schwerspat), die durch Überhandnahme der Zinkblende oder des Schwerspates entweder in Braunerze oder in Grauerze übergehen. Infolge der Überkipfung liegt jetzt die älteste Erzzone zu oberst und die jüngste Zone der Braun- und Grauerze zu unterst.

Paläontologischer Charakter der devonischen Formation. Beschränkt sich das uns bekannte organische Leben in der Silurzeit allein auf das Meer, so erzeugen in der devonischen Periode die Continente bereits etwas zahlreichere Organismen, freilich noch immer ausschließlich Pflanzen. Die devonische Flora ist noch sehr formenarm und spärlich. Von den Fucoiden gewinnen manche trotz schlechter Erhaltung durch die Häufigkeit ihrer Individuen Bedeutung, so Haliserites Dechenianus in gewissen Zonen des rheinischen Unterdevons, wo er sich bei Neunkirchen in der Eifel sogar zu schwachen Flötzen von kohligem Brandschiefer, also einer unreinen Tangkohle, angehäuft hat. Die spärliche Landvegetation der Devonzeit offenbart eine sehr große Ähnlichkeit mit der Culmflora, mit welcher sie nicht nur die meisten Genera, sondern auch einzelne Species gemeinsam hat. Die devonischen Landpflanzen gehören den Gefäßkryptogamen und Coniferen, sowie den zwischen beiden Gruppen stehenden Sigillarien an. Neben den Stämmen dieser letzteren ist uns das filzige Wurzelwerk derselben, *Stigmaria ficoides* Brongn., aus der Devonzeit überliefert. Die Coniferen sind durch Holzreste, *Aporoxylon* und *Dadoxylon* (*Araucarioxylon*), vertreten; von Gefäßkryptogamen sind *Calamites* nebst *Asterophyllites* und *Annularia*, sowie *Sphenophyllum*, ferner *Knorria*- und *Lepidodendron*-Arten, sowie zahlreiche Farne, *Cyclopteris*, *Neuropteris*, *Sphenopteris* und *Pecopteris* aufgefunden worden. Alle diese Formen wiederholen sich in der carbonischen Formation und werden bei deren Besprechung genauer abgehandelt werden, — rein devonisch hingegen, wenn auch auf Canada, New-York und Ohio beschränkt, wo es jedoch in außerordentlicher Häufigkeit vorkommt, ja manche Schichten ganz anfüllt, ist das lycopodiienähnliche, in seiner Stellung aber noch unsichere Genus *Psilophyton* Daws.

Von Zugehörigen der niedrigsten Ordnung des Tierreiches, den Protozoën, sind uns aus der Devonzeit verhältnismäßig nur sehr spärliche Reste überliefert worden. Eine große Verbreitung muss *Receptaculites Neptuni* Deffr., ein in seiner systematischen Stellung immer noch problematischer Körper, besessen haben. Die Korallen sind durch ihre paläozoischen Familien, die *Tetracoralla* und *Tabulata*, reichlich und unter den ersten namentlich durch die Gattung *Cyathophyllum* vertreten. *C. helianthoides* Goldf. (Fig. 218^a) in kreisrunden, flach biconischen Einzelzellen,

und *C. latum* Ludw. (Fig. 218^b) in plattenförmigen Stücken mit polygonalen Kelchen sind weit verbreitet. Auch *Cyath. caespitosum*, ein gabeliger Stock, ist recht bezeichnend für das Devon. Ein ausgezeichnetes Leitfossil der devonischen Schichten ist *Calceola sandalina* Lam. (Fig. 220), eine Koralle mit genau schließendem Deckel, welcher durch eine Grube mit dem Septum des Kelches articuliert. Eine weite Verbreitung im Devon Deutschlands, Spaniens, Englands und Nordamerikas besitzt neben *Amplexus*, *Zaphrentis*, *Endophyllum* das Genus *Cystiphyllum* und zwar durch die Species *C. vesiculosum* Goldf. (Fig. 219), welche sich durch ihre fast cylindrische Gestalt und die Ausfüllung des Kelches durch blasiges Gewebe charakterisiert. Von den Tabulaten sind durch ihre Häufigkeit wichtig *Favosites polymorphus* Goldf. mit walzenrunden, dicht an einander gedrängten, durch reihenständige Poren verbundenen Röhrenzellen, ferner das immer nur als Steinkern erhaltene *Pleurodictyum problematicum* Goldf. (Fig. 221) und endlich *Alveolites suborbicularis* Lam., dessen Polypenstücke andere Körper lagenförmig überwuchern. *Halysites catenularia*, die charakteristische Kettenkoralle des Silurs, fehlt im Devon vollständig, *Aulopora repens* E. und H. (Fig. 222), welche sich kriechend auf anderen Korallen ausbreitet, ist besonders in Deutschland häufig. Die hauptsächlichsten Riffbildner der Devonzeit sind die Favositiden (Böhmen, Alpen) und die Stromatoporidae (Eifel). Der Mangel an Graptolithen ist im Gegensatz zu deren massenhaftem Auftreten im Silur ein charakteristisches negatives Kennzeichen des Devons.

Die Echinodermen werden im devonischen Zeitalter fast ausschließlich durch Crinoiden und zwar durch eigentliche, mit großen Armen versehene Crinoiden (ca. 230 Arten) vertreten, als deren wichtigste devonische Geschlechter, und zwar vorzugsweise in dem Kalke der Eifel vorkommend, *Cupressocrinus* (Fig. 223), *Eucalyptocrinus*, *Ctenocrinus* und *Haplocrinus* (Fig. 224), im Oberdevon *Melocrinus* und *Hexacrinus* gelten können.

Sehr häufig sind im Devon vieler Gegenden die äußeren Abdrücke der Crinoiden-Säulenglieder, sowie die innere Ausfüllung des Nahrungschanals der Säule und des scheibenförmigen Zwischenraumes zwischen je zwei Gliedern, Steinkerne, welche früher als Schraubensteine bezeichnet wurden. Die Blastoideen, welche in der nächst jüngeren Formation zu einer so großen Entwicklung gelangen, sind im europäischen Devon nur vereinzelt zu finden (*Pentremites*), während die Cystideen, im Silur so gewöhnlich, bis auf wenige Formen (z. B. *Agelacrinus Rhenanus* Röm.) verschwunden sind.

Asteroideen von bereits großer Formenmannigfaltigkeit kennt man aus den Dachschiefern von Bundenbach, Birkenfeld, Niederlahnstein u. a. O. (*Aspidosoma*, Fig. 225; *Archasterias*, *Helianthaster*) sowie aus Nordamerika (*Palaeaster*).

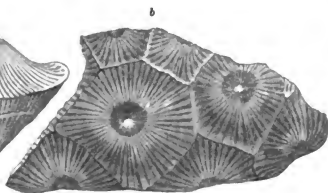


Fig. 218.



Fig. 219.



Fig. 220.



Fig. 221.



Fig. 222.



Fig. 223.



Fig. 224.

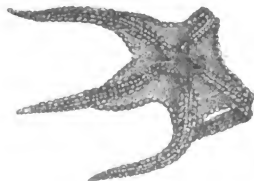


Fig. 225.

Devonische Leitfossilien.

Fig. 218. a *Crathophyllum helianthoides* Goldf.; b *Crathophyllum latum* Ludw. — Fig. 219. *Cratiphyllum vesiculosum* Goldf. — Fig. 220. *Calceola sandalina* Lam. — Fig. 221. *Pleurodictyum problematicum* Goldf. — Fig. 222. *Anopora repens* E. u. H. — Fig. 223. *Cupressocrinus crassus* Goldf. (Kelch mit Armen und Säulengliedern). — Fig. 224. *Haplocrinus mespiliformis* Röm. (Von unten, von der Seite und von oben sehr stark vergrößert). — Fig. 225. *Aspidosoma Tischbeinianum* Röm.

Unter den Mollusken herrschen noch immer, wenn auch nicht in so auffälliger Weise wie im Silur, Brachiopoden und Cephalopoden im Verhältnisse zu den Zweischalern und Gastropoden stark vor. Erstere stehen mit fast 1400 Arten noch immer auf der Höhe ihrer Entwicklung. Namentlich liefert die Gattung *Spirifer*, obwohl bei weitem nicht ausschließlich devonisch, viele für die Schichten dieser Perioden charakteristische Formen und zwar langflügelige, in die Breite gezogene Arten; so *Spirifer speciosus* Phil. im mittleren Devon, — *Spir. Verneuili* Murch. (Fig. 226) außerordentlich bezeichnend für die obere Abteilung des Devons und in Deutschland, Russland, Belgien, Frankreich, England und Nordamerika verbreitet, — endlich *Spir. paradoxus* Qu. (Fig. 227) aus dem unteren Devon, und *Spirifer cultrijugatus* F. Röm. aus dem Unter- und Mitteldevon. Ein ausschließlich devonisches Brachiopoden-Geschlecht ist *Stringocephalus*, dessen einzige bekannte Art *St. Burtini* Defr. (Fig. 228) zu den größten Brachiopoden gehört. Mit dieser Art gemeinschaftlich, und wie sie auf das mittlere Devon beschränkt, tritt *Uncites gryphus* Defr. auf. Sehr bezeichnend sind ferner *Athyris concentrica* M'Coy (Fig. 230), *Orthis tetragona* F. Röm., *Streptorhynchus umbraculum* Schl. (Fig. 229) und *Orthis striatula* Schloth., sowie *Rhynchonella parallelepipedica* Bronn, *Rhynchonella pugnus* Sow. und *Rhynch. cuboides* Sow., endlich *Pentamerus galeatus* Dalm. Von den verhältnismäßig schwach vertretenen Zweischalern sind die Gattungen *Nucula*, *Actinodesma*, *Aviculopecten*, *Cucullella*, *Grammysia*, *Pterinea* und *Gosseletia* in den untersten devonischen Grauwacken und Sandsteinen, *Lucina*, *Conocardium*, *Allorisma* und *Megalodon* (Fig. 231) hingegen in den mitteldevonischen Kalksteinen häufig.

Die Pteropoden werden durch riesige Conularien, sowie durch Tentaculiten vertreten, die Gastropoden vorzugsweise durch *Euomphalus* (Fig. 234), *Pleurotomaria*, *Macrocheilus* (Fig. 232), *Murchisonia* (Fig. 233), *Bellerophon* und *Capuliden* (*Platyceras*, *Platystoma*).

Die Cephalopoden weisen auch noch im Devon in den Geschlechtern *Cyrtoceras*, *Phragmoceras*, *Gomphoceras*, noch mehr aber *Orthoceras*, recht zahlreiche Repräsentanten der Nautilen auf. Neue Erscheinungen hingegen sind die ersten, aber bereits außerordentlich formenreichen Vertreter der Ammonoiten, die Clymenien und Goniatiten. Von diesen ist ausschließlich devonisch und zwar auf die obere Abteilung dieser Formation beschränkt die Familie der Clymenien (Fig. 235), mit internem Siphon, deren zahlreiche und in sehr häufigen Individuen verbreitete Arten, z. B. *Clym. laevigata* Münster., *Clym. undulata* Münster., *Clym. angustiseptata* Münster., *Clym. striata* Münster. u. a. treffliche Leitfossilien des obersten Devons bilden. Ebenfalls im Oberdevon erreichen die bereits im Unterdevon erscheinenden Goniatiten mit *Gon. (Anarcestes) subnautilus* Schl., *Gon.*



Fig. 226.



Fig. 227.

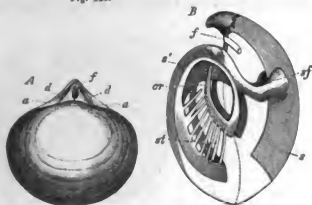


Fig. 228.



Fig. 229.



Fig. 230.



Fig. 231.



Fig. 232.



Fig. 233.



Fig. 234.

Devonische Leitfossilien.

Fig. 226. *Spirifer Verneuxi* Murch. — Fig. 227. *Spirifer paradoxus* Qu. — Fig. 228. *Stringocephalus Bartini* Deffr. (A von oben gesehen; a = Area, f = Schnabelloch, d = Deltidium, B Innenseite. f = Schnabelloch, — s u. s' = Mittelsepta, — cr = Schleife, — st = Fortsätze derselben, — sf = gabeliger Schlossfortsatz). — Fig. 229. *Streptorhynchus ambraculum* Schl. — Fig. 230. *Athyris concentrica* McCoy. — Fig. 231. *Megalodon cucullatus* Sow. (Beide Schalen von vorn.) — Fig. 232. *Macrochilites arcuatus* Schloth. — Fig. 233. *Murchisonia bigranulosa* d'Arch. — Fig. 234. *Euomphalus (Coelocentrus) Goldfussi* d'Arch.

(*Tornoceras*) *simplex* Buch (Fig. 236), *Gon. (Manticoceras) intumescens* Beyr. (Fig. 237), *Gon. (Beloceras) multilobatus* Beyr. ihre Hauptentwicklung.

Die devonischen Vertreter der Crustaceen sind Cypridinen (Schalenkrebse), Eurypteriden und Trilobiten. Letztere, bereits auf etwa 300 Arten reduziert, besitzen bei weitem nicht mehr die Mannigfaltigkeit, durch welche sie der silurischen Fauna (gegen 1600 Arten) ein so eigentümliches



Fig. 235.

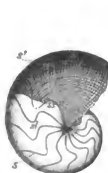


Fig. 236.

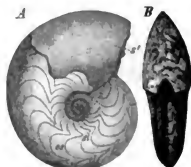


Fig. 237.



Fig. 238.



Fig. 239.



Fig. 240.

Devonische Leitfossilien.

Fig. 235. *Clymenia undulata* Münster. Der Querschnitt zeigt die interne Lage des Siphos. — Fig. 236. *Goniolites (Tornoceras) simplex* v. B. *s'* = Schale, *s* = Septa. — Fig. 237. *Goniolites (Manticoceras) intumescens* Beyr. *A* von der Seite, *B* von vorn. — Fig. 238. *Phacops latifrons* Bronn. — Fig. 239. *Homalonotus armatus* Burm. — Fig. 240. *Cypridina (Entomis) serrato-striata* Sandb. (Natürl. Größe und stark vergrößert).

Gepräge verliehen, vielmehr deutet das Erlöschen oder die artenarme Vertretung der großen Mehrzahl ihrer Geschlechter auf den nahen Untergang der ganzen Familie hin, welche im Devon namentlich auf *Phacops* (mit dem weit verbreiteten und charakteristischen *Ph. latifrons* Bronn, Fig. 238), *Cryphaeus*, *Dalmanites*, *Homalonotus* (Fig. 239), *Proetus*, *Harpes*, *Cheirurus*, *Bronteus* und einige andere, weniger wichtige Gattungen beschränkt ist. Die bohnenförmigen, fast mikroskopisch kleinen Schalen der

Cypridina (Entomis, Fig. 240) bedecken in zahlloser Menge die Flächen der nach ihnen benannten oberdevonischen Schichten.

Die Wirbeltiere blieben auch während der devonischen Periode einzig und allein auf ihre niedrigsten Vertreter, die Fische, beschränkt, welche sich durch eine ungemeine Entwicklung (gegen 100 Arten) der Crossopterygier und Placodermen (Panzerfische) auszeichnen. Erstere,

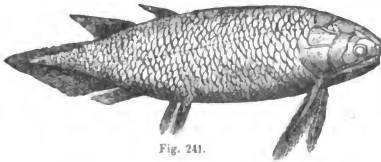


Fig. 241.

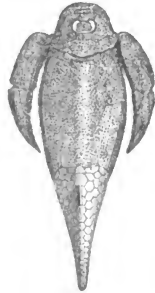


Fig. 242.



Fig. 243.

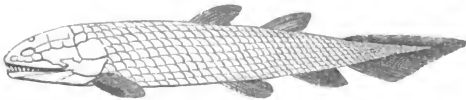


Fig. 244.



Fig. 245.

Devonische Fische.

Fig. 241. *Holoptychius nobilissimus* Agass. — Fig. 242. *Pterichthys cornutus* Pand. — Fig. 243. *Cephalaspis Lyelli* Agass. — Fig. 244. *Osteolepis macrolepidotus* Val. — Fig. 245. *Coccosteus decipiens* Agass.

heterocerale Ganoidfische mit quastenförmigen Bauch- und Brustflossen, diese mit beschuppter Achse, sind namentlich durch *Osteolepis* (Fig. 244) und *Holoptychius* (Fig. 241) vertreten. Bei den Placodermen ist Kopf und Rumpf von einem vollkommenen Panzer großer Knochenplatten bedeckt; zu ihnen gehören *Pterichthys* (Fig. 242), *Coccosteus* (Fig. 245) *Cephalaspis* (Fig. 243). Ferner weist das Vorkommen von Flossen-

stacheln darauf hin, dass die devonischen Gewässer, ähnlich wie es in der spätesten Silurzeit der Fall war, auch von haiartigen Knorpelfischen belebt waren.

Dreitellung der devonischen Schichtenreihe. Fast überall, wo die Devonformation zu einer vollständigeren Entwicklung gelangt ist, lässt sich in ihr ein mehrfacher Wechsel ihres paläontologischen Charakters wahrnehmen, demzufolge die devonische Schichtenreihe ganz allgemein in drei durch den verschiedenartigen Habitus ihrer Faunen von einander abweichende Abteilungen zerfällt.

III. Das Oberdevon, aus Schiefern, Kalksteinen, Sandsteinen und Flaserkalken zusammengesetzt, ist der Horizont, in welchem die Clymenien und Goniatiten ihre Hauptentwicklung erreichen; außerdem treten als charakteristische Leitfossilien *Spirifer disjunctus* (Verneuili), ferner Cypriniden in zahlloser Menge auf.

II. Das Mitteldevon, vorwiegend aus Kalksteinen, Mergeln und Mergelschiefern bestehend, besitzt eine Fauna, welche namentlich von Korallen (*Calamopora*, *Cyathophyllum*, *Calceola*, *Aulopora*), Brachiopoden (*Stringocephalus*, *Uncites*, *Spirifer speciosus* und *cultrijugatus*) und Gastropoden (*Murchisonia*, *Macrocheilus*) gebildet wird, zu denen sich *Cupressocrinus*, *Megalodon*, *Cyrtoceras*, *Bronteus*, namentlich aber *Phacops latifrons* gesellen.

I. Das Unterdevon, ein Schichtencomplex von vorwaltenden Sandsteinen, Quarziten, sandigen Schiefern, Grauwacken und Conglomeraten, wird charakterisiert durch seinen Reichtum an Resten von *Spirifer macropterus*, *Spir. mucronatus*, *Spir. paradoxus* und *Spir. primaevus*, durch *Homalonotus*-Arten, durch die Steinkerne von *Pleurodictyum problematicum*, sowie durch Pterineen und Grammysien. Die fossilreiche Kalkfacies des sandigthonig entwickelten Unterdevons wurde nach dem Ausgangspunkte ihrer Kenntnis, dem Harze, von Beyrich, Lossen und Kayser als Hercyn bezeichnet. Der paläontologische Charakter dieser Kalke ist ein sehr wechselvoller, indem sie als Korallenkalke (Konieprus, Karnische Alpen, Erbray), als Goniatitenschiefer (Karnische Alpen), als korallenarme Brachiopodenkalke mit Trilobiten und Capuliden (in den unteren Wieder Schiefern, Cabrières), als Crinoidenkalke mit zahlreichen Brachiopoden und Trilobiten (Greifenstein) entwickelt sind.

Old-red-sandstone-Facies. In ausgedehnten Landstrichen, namentlich in Süd-Wales, in Schottland und auf den Orkney-Inseln hat die devonische Schichtengruppe eine von der beschriebenen typischen abweichende Ausbildung erfahren*). Dort erscheint dieselbe, der Old-red-sandstone,

* A. Geikie. On the Old red sandstone of western Europe. Transact. R. Soc. of Edinburgh. Bd. XXVIII. 1878. — Fr. Frech. Lethaea palaeozoica. Stuttgart 1897. II. S. 219.

der Hauptsache nach als eine etwa 4000 m mächtige Conglomerat- und Sandsteinbildung, welcher eine braunrote, von einer Eisenoxydbeimengung herührende Färbung eigenthümlich ist. Ihr paläontologischer Charakter weicht von dem eben besprochenen dadurch so vollständig ab, dass sie keinerlei Korallen, Brachiopoden, Cephalopoden und Trilobiten führt, dagegen zum Teil reich an Resten von Landpflanzen, namentlich aber von Ganoid- und Panzerfischen ist, so von *Acanthodes*, *Diplopterus*, *Osteolepis*, *Holoptychius*, *Cephalaspis*, *Coccosteus*, *Asterolepis* und *Pterichthys*, welche in der normalen devonischen Schichtenreihe nur ausnahmsweise oder sparsam vorkommen (so z. B. im Devon der Eifel)*). Dass der Old Red eine Äquivalentbildung, eine locale Facies der Devonformation vorstellt, welche wahrscheinlich in großen Inlandseen und Lagunen abgelagert worden ist, wird bereits durch seine Verbandsverhältnisse mit dem Silur und Carbon erwiesen. In Schottland wechsellagert der Old Red nahe seiner unteren Grenze mit silurischen Graptolithenschiefen, in seinem obersten Horizonte hingegen mit Kohlenkalkbänken. Auch in Wales findet zwischen Old Red einerseits und Silur und Carbon andererseits ein inniger Verband durch concordante Lagerung statt. In beiden Gegenden vertritt also der erstere die Gesamtheit der Devonformation. In anderen Gebieten hingegen ist er als Repräsentant nur einer Einzelstufe des Devons mit normalen marinen Devon-Ablagerungen verknüpft, so in den baltischen Provinzen, wo sich zwischen den Old Red mitteldevonische Kalke einschieben, ferner im polnischen Mittelgebirge, wo er von marinem Mittel- und Oberdevon überlagert wird, endlich im Osten von Nordamerika, wo er bald nur als Facies des obersten Devons, bald als diejenige mehrerer Stufen dieser Formation auftritt.

In Britannien wird der Old Red durch eine tiefgreifende Discordanz bereits stratigraphisch in 2 Abteilungen gegliedert, deren untere sich durch die Führung von *Acanthodes*, *Osteolepis*, *Dipterus*, *Coccosteus* und *Pterichthys* auszeichnet, während in der oberen z. B. *Holoptychius* neu auftritt.

Die geographische Verbreitung der Devonformation. Das ausgedehnteste devonische Territorium Deutschlands ist das rheinische Schiefergebirge. Es umfasst einen großen Teil Rheinpreußens, Westfalens, Nassaus und erstreckt sich nach Belgien hinein. Das Unterdevon wird in dem rheinischen Schiefergebirge durch eine eng zusammengestauchte, z. T. überkippte Schichtenfolge von Grauwacken, Sandsteinen, Quarziten und Thonschiefern gebildet und besitzt in faunistischer wie petrographischer Hinsicht eine auffällige Gleichförmigkeit. Die wichtigsten Faciesbildungen innerhalb desselben sind Spiriferen- und Chonetenschiefer, Chondritenschiefer, Ctenocrinusbänke, Pterineensandsteine, Nuculidenbänke, Porphyroidschiefer mit

*) E. Beyrich. Z. d. D. geol. Ges. 1877. S. 751. — A. v. Koenen. Abh. d. k. Ges. d. Wiss. Göttingen. Bd. XXX. 1883.

Limoptera. Etwas verschieden von dieser Schichtenreihe sind die im tieferen Meere abgelagerten Hunsrückschiefer mit einer abweichenden Fauna von Trilobiten, Crinoideen, Asterien, Orthoceratiten, Goniatiten und Panzerfischen.



Fig. 246. Profil von Aachen nach dem hohen Venn. Nach Holzapfel.
a Thonschiefer und Quarzite (Cambrium); — *b* Conglomerate und Schiefer des Unterdevons; — *c* Rote Vichter Schichten (Unter- oder Mitteldevon); — *d* Stringocephalenkalk; — *e* Oberdevon; — *f* Kohlenkalk; — *g* productive Steinkohlenformation; — *u* Überschiebung.

Das Mitteldevon besteht auf der linken Rheinseite aus Kalksteinen, Mergeln und Dolomiten, dem Eifeler Kalke. Derselbe bildet in der Eifel sechs größere und drei kleinere elliptische Partien, welche der Grauwacke muldenförmig ein- und aufgelagert sind (siehe Profil, Fig. 247). In

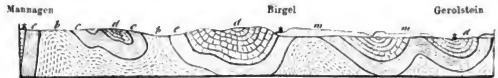


Fig. 247. Profil der Eifel.
b unterdevonische Grauwacke; — *c* Schiefer und Sandstein; — *d* Eifeler Kalk; — *m* Buntsandstein.

dieser mitteldevonischen Schichtenreihe lassen sich 2 Niveaus, die Calceola-Kalke und -Mergel (an deren Basis als Übergangsstufe zum Unterdevon Kalke und Roteisenstein mit *Spirifer cultrijugatus* auftreten) und die Kalke mit *Stringocephalus Burtini* (Paffrather Kalke) unterscheiden. Der Eifeler Kalk ist sehr reich an Korallen, Crinoideen und Brachiopoden. Auch bei Aachen und in Belgien (z. B. bei Givet und Couvin) sind dieselben Schichten entwickelt und den übrigen devonischen Gebilden regelmäßig zwischengelagert (siehe Profil, Fig. 246). Auf der rechten Rheinseite ist das Mitteldevon im ganzen ähnlich entwickelt, doch bildet die Häufigkeit von Diabasen und Schalsteinen einen bemerkenswerten Gegensatz zur Eifel, wo dieselben gänzlich fehlen. In der Gegend zwischen Sieg und Lenne treten statt der Calceola- und z. T. auch der Stringocephalen-Kalke sandige Schiefer (die Lenneschiefer von Dechen's) auf. Ganz typisch hingegen sind die Stringocephalen- (Paffrather) Kalke bei Bensberg, Elberfeld, Schwelm, Iserlohn, Diez, Villmar u. s. w. ausgebildet. Als pelagische Facies des Calceola- und Stringocephalenkalces stellen sich namentlich im Dillenburgischen und im Ruppachthale dunkle Thonschiefer und Dachschiefer mit *Tentaculiten* ein, welche außerdem verkieste *Goniatiten*, *Orthoceren* und *Bactriten* enthalten (Wissenbacher Schiefer). Nach ihrer Führung von

Goniatiten gliedern sich dieselben in 3 Stufen, eine untere mit *Goniatites* (*Anarcestes*) *subnautilus*, *Gon.* (*Mimoceras*) *compressus*, *Orthoceras* *triangulare*, eine mittlere mit *Gon.* (*Aphyllites*) *occultus* und *Dannenbergi*, *Bactrites* *carinatus* u. a. und eine obere mit *Gon.* (*Anarcestes*) *cancellatus*.

Das Oberdevon wird in dem rheinischen Schiefergebirge vorzugsweise vertreten durch bunte Kramenzelkalke, durch Kalke und Thonschiefer mit Goniatiten (Goniatitenschiefer von Büdesheim), nebst Cypridinen-schiefern. Nur local sind entwickelt Korallenriffe (Dillgebiet), dolomitische Mergel mit *Rhynch. cuboides* (Brachiopodenkalke) und Sandsteine oder olivengrüne Schiefer mit *Spirifer Verneuli* (Verneuli-Schichten). Letzteres ist namentlich in der Gegend von Aachen der Fall, von wo aus sie sich nach Belgien verbreiten. In allen diesen, wie in anderen Districten lassen sich zwei Faunen, also zwei Horizonte des Oberdevons unterscheiden, deren unterer sich durch das Auftreten primordialer Goniatiten, namentlich *Goniatites* (*Manticoceras*) *intumescens*, und das Fehlen der Clymenien auszeichnet (Goniatitenschichten), während der obere reich an Clymenien ist, zu denen sich zugleich typische neue Goniatiten (*Parodiceras*, *Brancoceras*) gesellen (Clymenienschichten).

Zur ausführlicheren Erläuterung des rheinischen Devons möge folgende übersichtliche Zusammenstellung dienen:

III. Oberdevon.

2. Stufe der *Clymenia undulata*.

Cypridinen-schiefer als oberstes Glied des rechtsrheinischen Oberdevons sowie der Büdesheimer Mulde, mit *Cyprid. serrato-striata* und *Posidonomya venusta*.

Clymenienkalk mit *Clymenia laevigata*, *undulata*, *striata* u. a. von Eibach bei Dillenburg, Kirschhofen bei Wetzlar, Wildungen, Kellerwald, Enkeberg bei Brilon.

Sandsteine und Schieferthone mit *Spirifer Verneuli* (Verneuli-schichten) von Aachen-Stollberg.

Goniatitenschiefer von Nehden (Nehdener Schiefer) bei Brilon.

1. Stufe des *Goniatites intumescens*.

Goniatitenschiefer von Büdesheim, grünlichgraue Mergelschiefer mit *Goniatites simplex*, *G. intumescens*, *Orthoceras subflexuosum*, *Bactrites gracilis*, *Cardiola retrostriata*, *Cypridina serrato-striata*; — Korallenriffkalke von Haiger und Stollberg; — schwarzer Goniatitenkalk von Bicken; — roter Goniatitenkalk von Adorf mit *Gon. intumescens*, *Gon. multilobatus*, *Cardiola* (*Buchiola*) *retrostriata*; zu unterst: Cuboides-schichten, Knoten- und Kramenzelkalke, dolomitische Mergel und dünnplattige Kalke (Büdesheim). Die Mergel mit *Camarophoria formosa*, *Spirifer Verneuli*, *Atrypa reticularis*, *Athyris concentrica*, *Rhynchonella cuboides* u. *pugus*, *Productus subaculeatus*, *Goniatites intumescens*.

II. Mitteldevon.

a. Facies der Korallen- und Brachiopodenkalke.

2. Stringocephalen-Kalke, bis 400 m mächtig bei Pelm, Blankenheim, Sötenich, mit *Stringocephalus Burtini*, *Uncites gryphus*, *Macrocheilus arcu-*

latum, Murchisonia bilineata, Megalodon cucullatum, Endophyllum torulosum, Cyathophyllum quadrigeminum. Paffrath, Gladbach.

Zu unterst die Crinoidenschicht, eine lockere, bis 40 m mächtige, aus Stielgliedern von Crinoideen, Korallen, Brachiopoden und Bryozoen-Resten bestehende Schicht mit Cupressocrinus, Poterocrinus, Melocrinus, Eucalyptocrinus, Rhodocrinus u. s. w.; auch Calceola sandalina ist noch recht häufig. (Abgeschlossen bei Nollenbach, Rarendorf, Kerpen, am Sonnenberg bei Pelm.)

- f. Calceolaschichten, Mergelkalke mit Calceola sandalina, Cyathophyllum helianthoides, Actinocyclus maxima, Cystiphyllum lamellosum, Favosites polymorphus, Strophomena caudata, Atrypa signifera, Athyris concentrica, Spirifer speciosus, Streptorhynchus umbraculum, Pentamerus galeatus u. a.

Zu unterst die Zone des Spirifer cultrijugatus, unreine, zum Teil eisenschüssige Kalksteine, Eisenerze und Grauwacken (z. B. am Prumbachthale bei Elwerath, ferner bei Nohn, Abhütte u. a. mit Spirifer cultrijugatus, Rhynchonella Orbignyana.

- h. Facies der Tentaculitenschiefer und Cephalopodenkalke.

Tentaculitenschiefer mit Tentaculites acuaris mit eingelagerten oder stellvertretenden Cephalopodenkalcken von Günterod, von Odershausen, Eisensteine bei Brilon, Wetzlar und Dillenburg und, als cephalopodenreiche Ausbildung der Gesamtheit beider, die Wissenbacher- oder Orthoceras-Schiefer. Zu unterst Goniatites (Anarcestes) subnautilinus, darüber (Horizont des Gon. Aphyllites) occultus, — zu oberst Horizont des Gon. (Tornoceras) simplex und Gon. Anarcestes cancellatus.

Hierher gehörige schieferige Faciesgebilde sind die Lenneschiefer des südlichen Westfalens.

1. Unterdevon.

4. Die obere Coblenzstufe. Stufe des Spirifer paradoxus:

- c. Oberste Coblenzschichten, Schiefer, Roteisensteine, Übergangsschichten zum Mitteldevon mit Spir. speciosus, Orthis striatula, Pentamerus rhenanus und Heberti, Orthis dorsoplana und Centronella z. B. bei Haiger, Diez am Ruppachthal. Quarzite mit Pentamerus rhenanus von Greifenstein bei Wetzlar.

Eine hercynische Kalkfacies dieses Horizontes bilden die Greifensteiner Kalksteine mit Goniatites Aphyllites fidelis, Proetus orbitatus, Phacops fecundus, Phacops zorgeusis, Lichas Haueri, Spirifer indifferens, Merista passer u. a.

- b. Obere Coblenzschichten, Grauwacken und z. T. kalkhaltige Schiefer, oft mit reicher Fauna, z. B. Spir. curvatus, Spir. macropterus paradoxus, Strophomena rhomboidalis, Chonetes dilatata, Pterinea fasciculata, Nucula curvata, Homalonotus subarmatus. Chondritenschiefer Coblenz, Daleiden, Ems.

- a. Coblenzquarzit, weiße, plattige Quarzite mit Spir. carinatus, Pterinea laevis, Homalonotus gigas (Coblenz, Ems, Lahnstein, Dillenburg, Selters).

3. Die untere Coblenzstufe. Stufe des Spirifer Hercyniae.

- b. Untere Coblenzschichten. Grauwacken mit Strophomena plicata, Orthis circularis, Spir. Hercyniae und macropterus, Homal. armatus und rhenanus, Pleurodictyum problematicum. (Stadtfeld in der Eifel, Valendar bei Coblenz. Halseriten- = Tang-Schiefer. Nuculidenbänke bei Ehrenbreitenstein. — Oben mit den Schichten von Zenscheid Eifel.

- a. Unterste Coblenzschichten, Porphyroidschiefer von Nassau (Singhofen), mit vorwaltenden Zweischalern, namentlich *Limoptera bifida*, *Palaeosolen* u. a.
2. **Hunsrückschiefer und Taunusquarzit. Siegerner Grauwacke.** Stufe des *Spirifer primaevus*.
 - b. Hunsrückschiefer, dunkle Thonschiefer und Dachschiefer mit *Phacops Ferdinandi*, *Dalmania rhenana*, *Homalonotus planus*, *Asterien* Caub, Gemünden, Bundenbach.
 - a. Taunusquarzit, weiße Quarzite des Taunus, Hunsrück, Hohen Venn mit *Spirifer primaevus*, *Rensselaeria crassica*.

Beide werden im Siegerlande, Ahrthal, unterhalb Andernach vertreten durch die Siegerner Grauwacke, diese mit wesentlich übereinstimmender Fauna, reich an Brachiopoden (*Chonetes sarcinulata*, *Spir. primaevus*).
1. **Taunusschiefer.** Stufe des *Spirifer Mercuri*. Beginnend mit Conglomeraten, dann phyllitische Schiefer und Sandsteine; versteinungsarm, *Spir. Mercuri*, *Grammysia*.

In der Entwicklung des Devons im Harze zeigt sich eine auffallende Übereinstimmung mit den rheinischen und insbesondere mit den nassauischen gleichalterigen Bildungen. Derselbe enthält zwei im wesentlichen durch den Brockengranit getrennte Devongebiete, ein westliches im Oberharze und ein östliches im Unterharze. Das Devon des Unterharzes gliedert sich nach M. Koch wie folgt:

III. Oberdevon.

- Cypridinenschiefer mit *Cypridina serrato-striata* und *Posidonia venusta*.
 Clymenienkalk des Büchenberges, Eselstieges u. a. O. mit *Clym. annulata*, *undulata* und *laevigata* nebst kugeligen *Goniatiten*.
 Goniatitenkalk am Meiseberg mit *Goniatiten* und *Cardiola retrostriata*.

II. Mitteldevon.

- Stringocephalenschichten, Kalksteine, namentlich aber Eisensteine, die zum Bergbau von Hüttenrode, Hartenberg und Büchenberg Veranlassung geben, wechsellagernd mit Diabasmandelsteinen, Tuffen und Mergelschiefern mit einer reichen mitteldevonischen Fauna, z. B. *Stringocephalus Burtini*, *Megalodus cucullatus*, *Macrocheilus arcuatus*, *Pentamerus galeatus*, *Phacops*, *Harpes*, *Amplexus* u. a.
 Decken von Diabasmandelsteinen und Keratophyren getrennt durch Tuffe, sowie durch Tentaculitenschiefer.
 Obere Wieder Schiefer mit *Goniatites gracilis*, *Gon. subnautilus*. Hasselfelder Kalk mit mitteldevonischer Goniatitenfauna.

I. Unterdevon.

- Hauptquarzit mit *Spir. paradoxus*, *Chonetes sarcinulatus*, *Atrypa reticularis*, *Limoptera semireticulata*.
 Untere Wieder Schiefer mit den »hercynischen« Kalklagern von Mägdesprung, Scheerenstieg, Radebeil, Zorge, Ilseburg u. a. O.; diese mit *Dalmania tuberculata*, *Pentamerus costatus*, *Spirifer Hercyniae*, *Spir. togatus*, *Rhynch. princeps* u. a.
 Tanner Grauwacke z. T.

Die früher zum Devon gerechneten Elbingeröder Grauwacken, Zorger Schiefer, Hauptkieselschiefer, Adinolen und Wetzschiefer haben sich als Culm herausgestellt (M. Koch). Auch ein größerer Teil der Tanner Grauwacke dürfte dem Subcarbon angehören.

Auf dem Oberharz tritt die devonische Formation in drei isolierten Partien zu Tage, und zwar 1. zwischen Ocker und Innerste am Nordrande des Gebirges, 2. in Verbindung mit ausgedehnten Lagern von Diabas am sogenannten Grünsteinzuge in Gestalt einer schmalen Zone zwischen Osterode und Harzburg, 3. am Iberge, der sich wie ein Horst mitten aus den Culmschichten erhebt. Der Hauptvertreter des oberharzerischen Unterdevons ist hier der Spiriferensandstein (Kahleberger Quarzitsandstein; Ober-Coblenzstufe). Er setzt fast ausschließlich die Berge zwischen Ocker, Goslar, Bockswiese und Oberschulenberg (z. B. den Rammelsberg und Kahleberg) zusammen. An den Spiriferensandstein schließen sich Calceolaschichten eng an. Es sind dunkelgraublaue, kalkige Thonschiefer mit *Calceola sandalina*, *Cupressocrinus urogalli*, *Spirifer speciosus*, *Phacops latifrons* (Schalker Thal, Auerhahn, Bocksberg, Rammelsberg). Infolge einer vollständigen Überkipfung der dortigen Schichtencomplexe unterteufen die Calceolaschiefer stellenweise die Spiriferensandsteine (Fig. 217). Auf die Calceolaschichten folgen die Wissenbacher oder Goslarer Schiefer und Knollenkalke z. B. mit *Bactrites carinatus*, *Goniatites Jugleri* und *Gon. occultus*, welche in weiter Verbreitung zwischen Goslar, Langelsheim und dem Winterberge aufgeschlossen sind. Dann folgt der durch die Grube Weinschenke bei Buntenbock und am Polsterberge aufgeschlossene Stringocephalenkalk mit *Orthoceras lineare*, *Bronteus signatus*, *Stringocephalus Burtini*. Er ist mit Roteisenstein-, Brauneisenstein- und Magnet-eisensteinlagerstätten sowie mit Diabastuffen (Blattersteinen) vergesellschaftet. Das Oberdevon ist zunächst durch gebänderte, z. T. Kalkknollen führende Thonschiefer mit *Styliolinen* und *Tentaculiten*, ferner durch schwarze Kalke mit *Gon. intumescens* und *Cardiola retrostriata* (Altenau, Rhomker Halle, Hahnenklee), Kramenzelkalke und Clymenienkalke (Rhomker Halle, Aecke- und Riesenbachthal) und Cypri-dinenschiefer (Lautenthal) vertreten. Der Intumescens-Stufe (S. 439) gehört auch der Korallenkalk des Iberges und Winterberges bei Grund an, welcher nach allen Richtungen von Eisensteinlagerstätten durchschwärmt wird und außerordentlich reich an organischen Resten, so an *Terebratula elongata*, *Rhynchonella pugnus*, *Rhynch. cuboides*, *Goniatites intumescens*, *Spirifer simplex*, *Conocardium trapezoidale*, *Phillipsastraea*, *Cyathophyllum* u. s. w. ist.

Eine beträchtliche Verbreitung gewinnt das Devon im südöstlichen Thüringen, im Vogtlande und im Fichtelgebirge (vergl. Fig. 213). Im Thüringer Walde und im Fichtelgebirge gliedert sich dasselbe nach Gümbel und Liebe wie folgt:

III. Oberdevon.

Cypridinenschiefer, Clymenien- und Orthoceratitenkalke mit Clymenien, *Gon. intumescens*, *Orthoceras interruptum*. Im Oberdevon Ostthüringens lassen sich nach Liebe 3 durch Tentaculiten-Thonschiefer getrennte Knotenkalkstufen unterscheiden, deren 2 untere sich als Goniatitenkalke, deren obere sich als Clymenienkalk kennzeichnen.

II. Mitteldevon. Nach Kayser zum Oberdevon gehörig*.

Diabastuffe und Breccien-Schalsteine, Schiefer, tufige Sandsteine; mit Nestern und Knollen von Kalkstein. Im sächsischen Vogtlande mit den versteinungsreichen Diabastuffen von Planschwitz und den Korallenkalcken der Umgegend von Plauen, mit *Favosites polymorphus*, *Cyathoph. caespitosum*, *Atrypa reticularis* u. a.

I. Oberes Unterdevon. Nach Kayser l. c. das Mitteldevon repräsentierend.

Tentaculitenschiefer und Knollenkalke; Nereitenschiefer mit Einlagerungen von Quarziten und tufigen Grauwacken, erstere mit Kriechspuren von Anneliden u. dergl. (= Nereiten), die Quarzite bei Steinach mit *Spirifer macropterus*, *Atrypa reticularis*, *Strophomena piligera*, *Pleurodictyum problematicum*. Discordant auf dem Obersilur (S. 421).

An die Phyllite der nordwestlichen Peripherie des sächsischen Granulitgebirges legt sich eine 5 Meilen lange Zone von Tentaculitenschiefern und oberdevonischen Dachschiefen mit Clymenien, Schalsteinschiefern, Quarz-Keratophyren und Porphyroiden an (Altenmörbitz, Lastau). In Schlesien treten bei Freiburg und bei Kunzendorf zwei isolierte Kalkmassen aus dem Gebiete der Culmformation hervor, welche u. a. *Spirifer disjunctus*, *Atrypa reticularis*, *Rhynchonella cuboides*, *Receptaculites Neptuni*, *Aulopora repens* führen (= Iberger Kalk). Bei Ebersdorf in der Grafschaft Glatz werden Clymenienkalke als directes Liegendes der Culmgrauwacke abgebaut. In Österreichisch-Schlesien und Mähren bilden die Vertreter aller drei Hauptabteilungen des Devons eine bis über 3 Meilen breite und etwa 7 1/2 Meilen lange Zone, welche sich von Zuckmantel in südlicher Richtung bis Sternberg in Mähren erstreckt.

Im Polnischen Mittelgebirge ist in der Gegend von Kielce die gesamte devonische Schichtenreihe von den Coblenzschichten bis hinauf zum Clymenienkalk entwickelt (G. Gürich).

In Böhmen**) gehören die früher von Barrande als oberstes Silur aufgefaßten und als Etagen F, G und H bezeichneten Kalke und Schiefer zum Unter- und Mitteldevon:

Mitteldevon.

H = Hostiner-Schiefer mit *Stringocephalus Burtini*, *Cardiola Buchiola* und Pflanzen.

G₃ = Knollenkalk von Hulocep mit *Goniatites occultus*.

G₂ = Tentaculitenschiefer mit *Gon. fecundus*.

* E. Kayser, Z. d. D. geol. Ges. 1894, S. 523. — Fr. Frech, N. Jahrb. 1896, II. S. 465.

**) Vergl. Fr. Frech, Z. d. G. geol. Ges. 1886, S. 917. — F. Katzer, Das ältere Palaeozoicum in Mittelböhmen. Prag. 1888. — E. Kayser u. E. Holzapfel, Jahrb. d. k. k. geol. R. Wien. 1894, S. 500.

Unterdevon.

G_1 = Schwarze Knollenkalke von Tetin und Hostin mit *Dalmania Hausmanni*; wahrscheinlich ein Äquivalent von F_2 .

F_2 = Bunter, roter oder gelblicher Crinoidenkalk von Mnenian mit *Gon. fidelis* = Greifensteiner Kalk = Hercynkalk; nach unten durch Wechselagerung verbunden mit dem:

Korallen-Riffkalk von Konieprus mit *Spir. secans*, *Rhynch. princeps*, *Harpes venulosus*, *Bronteus palifer*, *Favosites Goldfussi*, *Cyathophyllum expansum*.

F_1 = Schwarzer Plattenkalk, reich an Spongien.

In den Ostalpen*) ist die gesamte devonische Schichtenreihe vom unterdevonischen (>hercynischen<) Riffkalke, z. B. am Wolayer Thörl, bis zu den Clymenienkalken des obersten Devons entwickelt (vergl. d. Tabelle S. 446).

Im Elsass treten im oberen Breuschthale mitteldevonische Kalke mit *Stringocephalus* (Jaekel), sowie Arkosen und Thonschiefer mit *Calceola sandalina* als Hangendes eines voraussichtlich unterdevonischen Thonschiefercomplexes auf (Benecke und Bücking).

Im sonst normalen Devon Frankreichs ist in den Kalken des Pic von Cabrières (Languedoc) und in denen von Erbray (Dép. Loire-inf.) das Unterdevon in hercynischer Facies entwickelt**).

Das Devon Belgiens steht mit demjenigen der Rheinprovinz in directem Zusammenhange und stimmt, wie die Übersichtstabelle auf S. 446 zeigt, vollständig mit demselben überein.

Gleiches gilt von dem Devon Britanniens in Cornwall und Süd-Devonshire. Die für dessen Stufen von den Engländern angewandten Bezeichnungen ließen sich ebensogut durch die deutschen Namen ersetzen. Im oberen Mitteldevon finden sich zahlreiche Diabase, Schalsteine und Korallriffe, welche letztere sich auch zwischen den Goniatiten- und Clymenienschichten des Oberdevons wiederholen. In Nord-Devonshire fehlen Kalke fast vollkommen, vielmehr besteht das ganze, sehr regelmäßig gelagerte Devon aus Sandsteinen, Quarziten, Grauwacken mit untergeordneten Schiefern, welche jedoch die bezeichnenden Leitfossilien enthalten. Es sind dies offenbar litorale Bildungen eines flachen Meeres. Unmittelbar nördlich davon (in Wales) beginnt das Gebiet des in Landseen abgelagerten Old-red-sandstone (S. 436 f.). Derselbe ist außerdem in Schottland, auf den Orkney- und Shetlands-Inseln entwickelt. Seine obere Stufe führt *Holoptychius*, *Pterichthys*, — seine untere *Cocosteus*, *Osteolepis*, *Dipterus*, *Cephalaspis* (S. 435).

* Fr. Frech. Die karnischen Alpen. Halle 1894. S. 224 u. 244. — Ders. Z. d. D. geol. Ges. 1887. S. 659; 1894. S. 672; 1894. S. 446.

** Fr. Frech. Z. d. D. geol. Ges. 1887. S. 360 u. 1889. S. 262. — Ch. Barrois. Calcaire d'Erbray. Mem. Soc. géol. du Nord. Lille. 1889.

In Russland treten devonische Schichten auf dem enormen Flächenraume von etwa 7000 Quadratmeilen, und zwar in drei Zonen zu Tage, deren eine sich von Kurland in nordöstlicher Richtung bis Archangel erstreckt während die zweite von Kurland südöstlich bis über Tula hinaus verläuft und die dritte am Aufbau der Westflanke des Uralgebirges teilnimmt. Im Ostsee-Gebiete, wo ausschließlich Mittel- und Oberdevon vertreten sind, finden sich die beiden sonst getrennten Facies der devonischen Schichtenreihe vereint, indem rote Sandsteine, reich an Resten von Fischen, z. B. von *Holoptychius*, *Asterolepis*, *Coccosteus*, durch Kalke und Mergelschiefer, welche die Brachiopoden, Cephalopoden und Korallen des echt marinen Mittel- und Oberdevons führen, in einen ober- und einen mitteldevonischen Complex getrennt werden. Diese noch fast horizontale Schichtenreihe lagert discordant auf dem Obersilur und wird vom unteren Zechsteinkalk überlagert. Auch innerhalb der central- und nordrussischen Devongebiete fehlt das Unterdevon, zugleich aber weicht die Fauna des Mitteldevons stark von der westeuropäischen ab. Dahingegen stellt sich in der uralischen Zone (siehe Tabelle S. 446) das Unterdevon und zugleich eine größere Übereinstimmung mit Westeuropa ein (Tschernyschew, Wenjukoff).

Auch in Nordamerika, und zwar namentlich in dessen Osten, hat das Devon eine weite Verbreitung. Abgelagert innerhalb der flach-trogförmigen Mulde von Silurschichten, deren östlicher Flügel in den Alleghanies zu Tage tritt, fast rings umgehen von der in concentrischen Zonen ausgehenden silurischen Formation, — und wiederum selbst zum Teil überlagert von dem carbonischen Systeme, begleitet das Devon die silurischen Gesteine der Alleghanies in Form eines schmalen Bandes, gelangt aber als breiter Saum des nördlichen silurischen und archaischen Terrains im Inneren des Continents zu größerer Verbreitung. Auch in Canada, Nova Scotia und New-Brunswick tritt Devon auf und zwar hier reich an Pflanzenresten, namentlich von *Psilophyton*, sowie an Fischen des Old Red. Dahingegen wird in den Vereinigten Staaten nur die obere Abteilung der devonischen Formation durch Old-red-sandstone mit *Holoptychius* und *Cephalaspis* gebildet, während die unteren Stufen sich aus mannigfach wechselnden Faciesbildungen des marinen Devons aufbauen und langflügelige Spiriferen, *Rhynchonella*, *Atrypa*, *Orthis*, *Goniatites*, *Cyrtoceras*, *Cyathophyllum*, *Cystiphyllum*, *Calamopora*, *Phacops*, jedoch nur wenige mit europäischen identische Arten führen. Die Gliederung des amerikanischen Devons ist aus umstehender Tabelle ersichtlich.

Eruptivgesteine und Erzgänge im Gebiete der devonischen Formationen. Die submarinen Eruptionen, aus denen diejenigen Diabas- und Diabastuffeinlagerungen hervorgingen, wie sie bei Besprechung der vulkanischen Erscheinungen der Silurperiode geschildert wurden, beschränkten sich nicht auf dieses Zeitalter, sondern wiederholten sich mit noch größerer

Energie in der Periode des Devons. In den Schichtenreihen der meisten devonischen Territorien Europas spielen deshalb ursprünglich deckenartig auf dem devonischen Meeresgrunde ausgebreitete, jetzt unregelmäßig bankartig zwischengelagerte, stellenweise kuppenartig aufgestaute Diabasgesteine eine wichtige Rolle. Sie sind dann mit den gleichalterigen Sedimentschichten durch Tuffe, Schalsteine und Haufwerke von Bomben zum Teil auf das innigste verbunden, ganz allgemein aber parallel zwischen sie eingeschaltet, so dass eine regelmäßige Wechsellagerung zwischen versteinierungsführenden und ursprünglich glutflüssigen Formationsgliedern stattfindet. Diabaslager wiederholen sich zwischen den devonischen Schichten nicht selten vielfach übereinander, eine ganz außerordentliche Entwicklung aber erreichen die Diabasbreccien, Diabastuffe und Schalsteine in vielen Devongebieten. Dies ist der Fall z. B. in der Gegend von Dillenburg und Weilburg in Nassau, im Devon Westfalens, des Harzes, des Vogtlandes, des Fichtelgebirges, Steiermarks und von Süd-Devonshire. Im Lenne- und Lahnggebiete, bei Elbingerode und im nördlichen Sachsen stellen sich außerdem Quarzkeratophyre, sowie deren Tuffe und Porphyroide ein. Dahingegen finden sich derartige vulkanische Einlagerungen weder in den großen Devonterritorien des Mississippibeckens und Russlands, noch in denen der Eifel und Kärntens.

In engem genetischen Zusammenhange mit den Diabasen der erstgenannten Devonterritorien stehen Roteisenerze, welche fast überall da, wo Blättersteine oder Schalsteine an Stringocephalenkalkstein grenzen, zur Ausbildung gelangt sind, sich mit dem Kalkstein innig verbunden zeigen und nicht selten dieselben Versteinerungen führen wie dieser. Solche Rot- und Brauneisenerzlagertstätten sind bei Brilon in Westfalen, bei Wetzlar, Weilburg und Dillenburg, bei Zorge, Elbingerode, Rübeland und Clausthal im Harze u. a. O. das Object eines ausgedehnten Bergbaues. Die in den mitteldevonischen Schalsteinen bei Königsberg im Dillenburgischen auftretenden Roteisensteine sind phosphorhaltig und mit verzogen linsenförmigen Phosphoriteinlagerungen vergesellschaftet (Fig. 248).

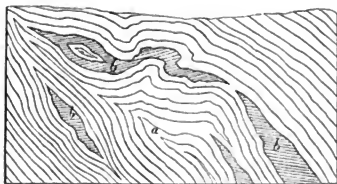


Fig. 248. a Devonischer Schalstein mit b Phosphoriteinlagerungen im Dillenburgischen.

Vorkommen des letztgenannten, als Düngemittel höchst wertvollen Minerales sind an sehr vielen Punkten der Lahngegend von Diez bis nach Niederrhines bekannt und im Abbau begriffen. In Zinkblende und Galmei ist bei Iserlohn der Stringocephalenkalk umgewandelt, in dem diese Erze bis 20 m mächtige Lagerstätten bilden.

Abgesehen von den Diabasausbrüchen, welche bereits während des Absatzes der devonischen Schichten stattfanden, waren gewisse Devonterritorien nicht selten noch in späteren Zeitaltern der Schauplatz von Eruptionen glutflüssiger Gesteinsmassen, welche die devonischen Schichten heute stock- oder gangförmig durchsetzen. Hierher gehören die Granitstöcke des Brockens, des Ockerthales und des Rammberges, welche die Devonformation des Harzes durchsetzen, z. T. mikrogranitisch-porphyrische Apophysen aussenden und die durchbrochenen Thonschiefer und Grauwacken metamorphosiert haben (s. S. 299). Sehr klar lassen sich diese Verhältnisse

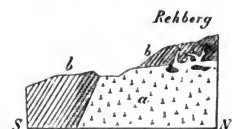


Fig. 249. Profil durch den Rehberg bei Andreasberg. H. Crd.

a Granit; — b Grauwacken und Thonschiefer, im Contacte mit dem Granit in Hornfels verwandelt.

z. B. am Rehberger Graben bei Andreasberg im Harz beobachten (siehe Fig. 249). An dieser Stelle hat sich ein laccolithischer Stock von Granit zwischen unterdevonische Thonschiefer und Grauwacken eingezwängt, so dass diese jetzt, nachdem die Hauptmasse des Granites durch Denudation bloßgelegt worden ist, als schollenförmige Reste der einst allgemeinen Schieferhülle den Gipfel des Rehberges bilden. Der Granit sendet zahlreiche Apophysen in das Nebengestein, und zwar namentlich in die auflagernde Partie aus, und hat nicht nur diese letztere, sondern auch die benachbarten Thonschiefer und Grauwacken in Hornfels umgewandelt.

Mit dem seitlichen Zusammenschub der Devonschichten zu steilen, oft sehr verworrenen Faltensystemen standen Spaltenaufreißungen im Zusammenhang, welche dann z. T. Veranlassung zur Bildung von Erzgängen gegeben haben. Als Beispiel solcher Vorkommnisse mag der alterthümte Silbererzdistrict von St. Andreasberg im Harze dienen*. Derselbe liegt in dem Gebiete des Unterdevons (Tanner Grauwacke und Wieder Schiefer), welches im Norden von dem eben erwähnten Granit des Rehberg-Sonnenberg-Rückens abgeschnitten wird (Fig. 249, b-S). In ihm setzen die Andreasberger Gänge auf. Es sind einerseits Eisenstein- und Kupferkiesgänge, anderseits Silbererzgänge, welche durch ein drittes Gangsystem, die faulen Ruscheln, scharf getrennt werden. Letztere sind mächtige taube, mit Thonschieferbruchstücken ausgefüllte, mit einem Lettenbesteg versehene Gänge, welche sich sowohl in ihrer westlichen Längenerstreckung als auch in der Tiefe vereinigen und somit eine keilförmige Thonschieferpartie umfassen, deren Schichten von O nach W streichen und mit 70 bis 80° gegen S einfallen. Die Silbererzgänge setzen nur innerhalb der Ruschelungrenzung auf und haben deshalb eine geringe Ausdehnung, sind wenig mächtig, jedoch bis zu einer bedeutenden Tiefe

* H. Crd. Z. d. D. geol. Ges. 1863. S. 463. — E. Kayser. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1884. S. 442. — O. Luedcke. Die Minerale des Harzes. Berlin 1896.

aufgeschlossen. Ihre Hauptgangmasse ist Kalkspat. Die wichtigsten in diesem eingelagerten Erze sind: Bleiglanz, Zinkblende, Rotgültig, Antimon-silber, Arsensilber und gediegen Arsen; sie werden von Apophyllit, Har-motom, Desmin, Stilbit und Flussspat begleitet. Die Silbererzgänge gehören zwei Streichungsrichtungen an, einer nördlicheren und einer westlicheren, fallen gegen N und gegen NO und kreuzen und verwerfen sich deshalb öfters, doch bleibt sich die Haupt-Gangausfüllung in allen Gängen gleich. Die Ruscheln schneiden entweder die Gänge geradezu ab oder schleppen dieselben eine Strecke weit. In keinem Falle aber setzen die Silbererzgänge über eine der beiden Grenzruscheln hinaus. Die Eisensteingänge treten außerhalb des durch die Ruscheln abgeschlossenen Gebirgskeiles auf, sind mit derbem Roteisenstein und Glaskopf ausgefüllt und bilden im Verein mit einigen Kupferkies- und Kobaltgängen eine Zone ziemlich parallel der Grenze des Granites.

Ein anderes hervorragendes Beispiel von mit großartigen Schichten-störungen der Devonformation verbundenen Spalten- und Erzgangbildungen liefert der benachbarte nordwestliche Oberharz. Da aber von diesen Dislo-cationen nicht nur das Devon, sondern namentlich auch der Culm betroffen wurde, so sollen die einschlägigen Erscheinungen in dem die Carbonfor-mation behandelnden Abschnitte besprochen werden.

Die carbonische oder Steinkohlenformation.

Allgemeine Litteratur.

- Geinitz, Fleck u. Hartig. Die Steinkohlen Deutschlands und anderer Länder Europas. München 1865.
 H. von Dechen. Die nutzbaren Mineralien u. Gebirgsarten im Deutschen Reiche. Berlin 1873. S. 263—412 und 559—566.
 H. Mietzsch. Geologie der Kohlenlager. Leipzig 1875.
 F. Toulia. Die Steinkohlen, ihre Eigenschaften, Vorkommen u. s. w. Wien 1888.

Hauptlitteratur über die carbonische Flora.

- E. F. Germar. Die Versteinerungen des Steinkohlengebirges von Wettin und Löbejun im Saalkreise. Halle 1845—53.
 H. B. Geinitz. Flora des Hainichen-Ebersdorfer und des Flöha'er Kohlenbassins. Leipzig 1854. — Die Versteinerungen der Steinkohlenformation in Sachsen. Leipzig 1855.
 von Röhl. Fossile Flora d. Steinkohlenform. Westfalens einschl. Piesberg. Kassel 1868.
 G. J. Andrae. Vorweltliche Pflanzen aus dem Steinkohlengebirge der preuß. Rheinlande und Westfalens. Bonn 1865 u. f. J.
 E. Weiß. Fossile Flora der jüngsten Steinkohlenformation und des Rotliegenden im Saar-Rheingebiete. Bonn 1869—72. — Steinkohlen-Calamarien I, Berlin 1876. II. 1884. — Die Sigillarien d. preuß. Steinkohlenggebiete I. 1887. Ferner dessen: Flora d. Stein-kohlenform. Berlin 1884. — E. Weiß u. Sterzel. Die Gruppe d. Subsiggillarien. Berlin 1893.
 D. Stur. Beiträge zur Kenntnis d. Flora d. Vorwelt. Bd. I. Heft 1. Die Culm-Flora des Credner, Geologie. 8. Aufl.

mährisch-schlesischen Dachschiefers. 1875. — Heft 2. Die Culm-Flora der Ostrauer und Waldenburger Schichten. 1877. — Band II. Carbonflora der Schatzlarer Schichten. Heft 1. Farne. 1883. Heft 2. Calamarien. 1887 (Wien).

A. Brongniart. Histoire des végétaux fossiles. 1828—44.

Lindley and Hutton. Fossil Flora of Great Britain. London 1834—37.

W. C. Williamson. Organisation of the fossil plants of the coalmeasures. I—XIX. London 1871—1893.

R. Kidston. On the fossil plants. Transact. R. Soc. of Edinburgh. 1882—94.

R. Zeiller. Végétaux fossiles du terrain houiller de la France. Paris 1880. Flore foss. d. bassin houil. de Valenciennes. Paris 1886 u. 1888. — Zeiller et Renaut. Flore houil. de Commeny. St. Etienne 1888 u. 1890. — Bassin d'Autun et d'Epinac. Paris 1890 u. 1893.

F. C. Grand'Eury. Flore carbonifère du Dép. de la Loire et du centre de la France. 3 part. et atlas. Paris 1877. — Geol. et Pal. du bassin houiller du Gard. S.-Etienne. 1890.

Unter der carbonischen oder Steinkohlenformation (dem Carbon) versteht man eine aus Kalksteinen, Grauwacken, Sandsteinen, Conglomeraten, Thonschiefern, Schieferthonen und Steinkohlen bestehende Schichtenreihe, welche in manchen Gebieten ihrer Ausbildung über 4000 m Mächtigkeit erreicht und da, wo sie in Gemeinschaft mit devonischen und permischen Gebilden auftritt, das Hangende der ersteren und das Liegende der zweiten bildet. Ihre Ablagerung fällt in eine Zeit, in welcher auf den Continenten Farne, Calamiten, Sigillarien und Lepidodendren zu einer nie wieder erreichten üppigen Entwicklung gelangten, in welcher ferner die ersten Amphibien auf dem irdischen Schauplatz erscheinen, während sich die Fauna der gleichzeitigen Meere durch ihren Reichtum an Fusulinen, Crinoiden, Producten und rugosen Korallen charakterisiert. Die carbonische Formation ist demnach der Repräsentant des Zeitalters der Gefäßkryptogamen, sowie der ersten Amphibien. Das Vorkommen zahlreicher mächtiger und ausgedehnter Ablagerungen von Steinkohlen innerhalb der hierher gehörigen Schichtenreihe rechtfertigt die Benennung Steinkohlenformation, wenn auch andere Formationen (Rotliegendes, Lettenkohlengruppe, Wealden) gleichfalls Steinkohlenflöze führen.

Der petrographische Charakter der carbonischen Formation.

Die petrographische Ausbildung des Carbons ist, je nach dessen terrestrem, litoralem oder marinem Ursprunge (s. hinten) eine sehr abwechselungsreiche. In gewissen Ablagerungsgebieten, so z. B. in Devonshire, im Oberharz, Vogtland und Fichtelgebirge, in Nassau und Westfalen, bilden Conglomerate, Grauwacken, Grauwackenschiefer, Thonschiefer und Kieselschiefer die untere Stufe der carbonischen Schichtenreihe (den Culm). In höheren Niveaus (der productiven Steinkohlenformation) herrschen an weißen Glimmerschüppchen reiche und verkohlte Pflanzenreste führende Sandsteine (Kohlensandsteine) bei weitem vor. In Wechsellagerung mit ihnen, namentlich aber als Begleiter der Steinkohlenflöze treten Schieferthone auf und sind zum Teil angefüllt von den wohl erhaltenen Resten der

carbonischen Flora, während die massenhafte Anhäufung der letzteren das Material der Steinkohlenflötze lieferte. Durch den Verkohlungsprocess ging zwar die ursprüngliche Form der Kohlenpflanzen innerhalb der Steinkohlenflötze meistens verloren, erhielt sich dagegen in den darüber und darunter liegenden Schieferthonen in staunenswerter Deutlichkeit. Die Kohlenflötze der carbonischen Formation bestehen entweder aus Steinkohle in allen ihren durch Bitumengehalt, Structur und Glanz bedingten Varietäten, oder aus Anthracit, also dem nächst höheren Stadium der Verkohlung von Pflanzenmasse. Ein und dasselbe Flötz kann an der einen Stelle aus Steinkohle, an der anderen aus Anthracit bestehen, je nachdem die Lagerungsverhältnisse den Zersetzungsprocess beschleunigten oder nicht. Infolge davon existiert auch zwischen beiden Verkohlungsproducten, wie nicht anders zu erwarten, eine ununterbrochene Reihe von vermittelnden Zwischengliedern*). In enger Verbindung mit den Steinkohlenflötzen stehen nicht selten Ablagerungen von thonigem Sphärosiderit. Dieser findet sich entweder in zum Teil dicht vor und neben einander liegenden linsenförmigen Nieren oder in zusammenhängenden Bänken zwischen den mit Kohlenflötzen vergesellschafteten Schieferthonen, wie dies vorzugsweise in Saarbrücken, Südwaies, Staffordshire, Pennsylvanien der Fall ist. Eine noch engere Verbindung der Kohlen- und Eisensteinablagerungen wird durch den Kohleneisenstein, ein Gemenge von beiden, wie es z. B. im Ruhrgebiete auf 13 Flötzen vorkommt, hergestellt. An dem Aufbau der unteren Stufen des Carbons beteiligen sich außerdem local noch Gyps, Dolomit, Anhydrit und Steinsalz. Treten Kalksteine innerhalb der carbonischen Grauwacken-, Sandstein- und Steinkohlencomplexe nur in untergeordneten Bänken auf, so gewinnt dieses Gestein eine außerordentliche Bedeutung dadurch, dass es in manchen Gegenden die untere Abtheilung des Carbons, ja die ganze carbonische Formation ausschließlich oder fast allein aufbaut und dann deren marine Ausbildungsform, den Kohlenkalk, repräsentiert.

Der paläontologische Charakter der carbonischen Formation.

Zu welcher reicher Entwicklung sich auch die spärliche Pflanzenwelt des devonischen Zeitalters während der carbonischen Periode emporschwingt, im Vergleiche mit der Mannigfaltigkeit der Floren der Jetztwelt ist sie verhältnismäßig formenarm, denn es fehlen die Monocotyledonen und Dicotyledonen noch vollständig, und von den Gymnospermen ist nur die ausgestorbene Sippe der Cordaiten häufiger, während die cycadeenartigen Pflanzen und Coniferen nur sparsam vertreten sind. Die Pflanzenwelt ist somit vorwiegend auf höhere Kryptogamen beschränkt, — den Gattungen Calamites, Lepidodendron und Sigillaria und der Familie der Farne gehören

* Vergl. S. 274 u. f. — C. W. v. Gümbel. Sitzber. d. k. bayer. Akad. d. Wiss. — Math.-phys. Kl. München 1883. V. B. I.

ihre Hauptrepräsentanten an. Bei solcher Formenarmut offenbart sich die Üppigkeit der carbonischen Landflora in dem massenhaften Auftreten der Individuen und in den riesenhaften Dimensionen, welche sie erlangten. Die Pflanzenwelt der Carbonzeit trägt das Gepräge einer tropischen Sumpfund Morastvegetation, und überwucherte in dichten Dschungeln und Waldmooren die flachen Niederungen und die Ufer der damaligen Seen und Ströme. Durch Anhäufung der absterbenden Pflanzen wurde das Material geliefert, aus welchem sich an Ort und Stelle oder local auch nach seiner Zusammenschwemmung die Steinkohlenflöze durch allmähliche Vermoderung herausbildeten, deren bedeutende Zahl, Mächtigkeit und Ausdehnung die Veranlassung zur Benennung der hier betrachteten Formation gab.

Unter den Vertretern der Carbonflora spielen die Farne eine Hauptrolle, ebenso die zu den Schachtelhalmen gehörigen Calamarien, von denen Stämme, Rhizome, Zweige, Blätter und Fructificationen erhalten sind, deren Zusammengehörigkeit freilich nur in den seltensten Fällen nachweisbar ist. Man pflegt deshalb die hierher gehörigen Stämme, sowie die Steinkerne der Markhöhlungen derselben unter dem provisorischen Gattungsnamen *Calamites*, die beblätterten Zweige unter der Bezeichnung *Asterophyllites* und *Annularia* zu vereinen. Die Schäfte der Calamiten (Fig. 250 bis 252) besitzen einen mächtigen centralen Luftgang, die Markhöhlung. Die Steinkerne derselben sind längsgefurcht und quergegliedert, lassen häufig die Narben der Zweige erkennen und enden nach unten kegelförmig. Die Calamitenstämme erreichen 42 und mehr Meter Länge und 4 m Dicke, sind aber in den meisten Fällen brettartig zusammengedrückt und haben im Verein mit ihren Zweigen fast ausschließlich das Material mancher Steinkohlenflöze geliefert. Die wichtigsten Arten von *Calamites* sind *Cal. cruciatus* Brongn. (Fig. 251), *Cal. Suckowi* Brongn. (Fig. 252), *Cal. cannaeformis* Schloth., *Cal. ramosus* Brongn. (Fig. 250), *Cal. varians* Sternb. mit periodisch sich vergrößernden Gliedern, — alle außerordentlich häufig und in Europa sowohl, wie in Nordamerika weit verbreitet. Sehr charakteristisch für die untere Abteilung der carbonischen Formation ist *Asterocalamites scrobiculatus* Schloth. (= *Archaeocalamites radiatus* Brong. = *Cal. transitionis* Göpp.), bei welchem die Längsfurchen jedes Gliedes genau auf die des folgenden passen. Die Calamarien-Zweige und deren wirtelständige Blätter (Fig. 253 u. 255) werden nach der Form dieser letzteren *Asterophyllites*, mit schmalen, einnervigen, getrennten Blättern, und *Annularia*, mit am Grunde zu einer scheibenförmigen Scheide verwachsenen Blättern, benannt. Die Fructificationen der carbonischen Calamites sind als *Calamostachys*, *Palaeostachys*, *Macrostachys*, *Stachannularia* (Fig. 254) u. s. w. beschrieben. Eine sehr große Verbreitung und Häufigkeit besitzt das Geschlecht *Sphenophyllum* (Fig. 256), mit Quirlen von keilförmigen, sich gabelnde Nerven enthaltenden Blättern, welches den Farnen nahe steht.

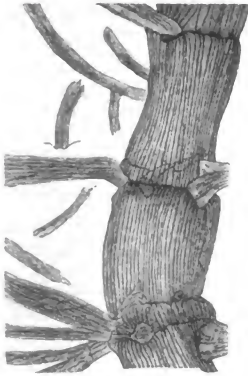


Fig. 250.



Fig. 251.



Fig. 252.



Fig. 253.



Fig. 256.



Fig. 254.

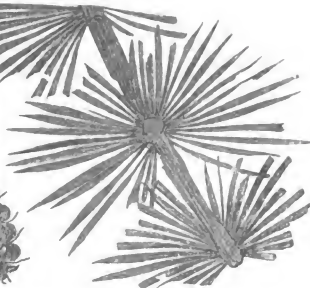


Fig. 255.

Fig. 250. *Calamites ramosus* Brongn. — Fig. 251. *Calamites cruciatus* Brongn. (mit gekreuzter Stellung der Astnarben). — Fig. 252. *Calamites Beckowi* Brongn.; unteres Ende des Schaftes (Steinkern). — Fig. 253. *Asterophyllites equisetiformis* Schloth. — Fig. 254. *Stachannaria tuberculata* Sternb. (Fruchstand von *Annularia*). — Fig. 255. *Annularia stellata* Schloth. — Fig. 256. *Sphenophyllum Schlotheimi* Brongn.

Die Farne der Steinkohlenperiode waren zum großen Teile baumartige Gewächse mit 2—3 m langen Wedeln, leider ist auch bei ihnen die Zusammengehörigkeit der im fossilen Zustande fast stets getrennt vorkommenden, wenn auch (freilich mit anderen Arten gemengt) beisammen liegenden Strünke, Blattstiele und Blätter nur ausnahmsweise zu erkennen. Obwohl die Farne im allgemeinen nur einen geringen Anteil zu dem Materiale der Steinkohle geliefert haben dürften, so bestehen doch einzelne Flötze fast ausschließlich aus Farnstrünken (*Caulopteris* und *Megaphyllum*), auf denen man oft noch die Wedelnarben (Fig. 257) und auf diesen die Gefäßbündel erkennt, während der Schieferthon, welcher die Flötze zu begleiten

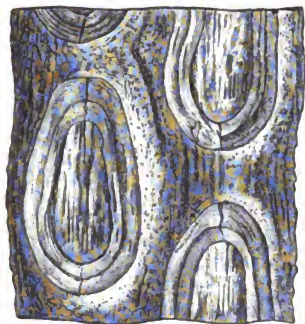


Fig. 257. *Caulopteris peltigera* Cotta.

pflügt, zum Teil von den Resten von Farnwedeln ganz angefüllt ist. Von diesen sind die in der carbonischen Periode verbreitetsten und artenreichsten Gattungen (vergl. Fig. 258—266): *Sphenopteris*, *Pecopteris*, *Alethopteris*, *Odontopteris*, *Neuropteris* und *Dictyopteris*. Während man sich bei Unterscheidung dieser Sammelgattungen vorwiegend auf Berücksichtigung der Nervation und Form der Fiederchen angewiesen fand, waren bei Begründung der fertilen Gattungen *Astrotheca*, *Scolecopteris*, *Oligocarpia*, *Senftenbergia*, *Dicksoniites*

u. a. die Sori (d. h. die die Sporen bergenden Organe) maßgebend.

Eine noch größere Bedeutung als die Calamarien und Farne besitzen in der carbonischen Pflanzenwelt die zu den Bärlapp-ähnlichen Gewächsen gehörigen *Sigillarien* und *Lepidodendren*. Beider 15 bis 20, ja über 30 m lange, bis 2 m dicke, ursprünglich cylindrische, in versteinertem Zustande gewöhnlich brettartig zusammengedrückte Stämme waren mit schlanken, linearen Blättern besetzt, welche meist große Blattnarben hinterlassen haben. Die Oberfläche des Stammes von *Sigillaria* (Fig. 267 bis 270), der nicht selten gabelig geteilt ist, ist entweder durch verticale gerade Furchen (*Rhytidolepis*, Fig. 269 und 270) oder durch zickzackförmig verlaufende Furchen (*Favularia*, Fig. 268) in Längsleisten geteilt, auf welchen sich die Blattnarben befinden, oder die Narben sind durch schiefe, gitterförmige Furchen getrennt (*Cancellata*), die verschwinden können, so dass die Rinde zwischen den Narben glatt erscheint (*Leiodermaria*). Die sich mehrfach gabelnden, sich allseitig vom Stamme horizontal

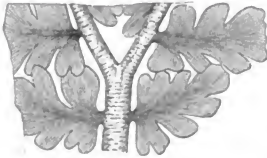


Fig. 258.



Fig. 265.



Fig. 266.



Fig. 260.



Fig. 259.

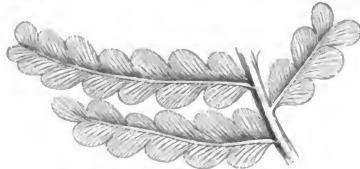


Fig. 261.



Fig. 262.



Fig. 263.

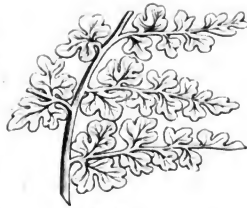


Fig. 264.

Fig. 258. *Archaeopteris dissecta* Stur. (aus dem Culm). — Fig. 259. *Cardiopteris polymorpha* Schimp. (aus dem Culm). — Fig. 260. Fiederchen von *Neuropteris flexuosa* Sternb. — Fig. 261. *Odontopteris osmundaeformis* Schloth. sp. — Fig. 262. *Palmatopteris furcata* Pot. — Fig. 263. *Sphenopteris elegans* Brongn. — Fig. 264. *Sphenopteris obtusiloba* Brongn. — Fig. 265. *Alethopteris lonchitidis* Sternb. — Fig. 266. *Pecopteris arborescens* Schloth. sp.

ausbreitenden, bis 20 m langen, cylindrischen Wurzelstöcke (*Stigmaria*) sind mit kreisrunden Narben versehen (Fig. 271), an welchen radial ausstrahlende, cylindrische Anhänge sitzen. Die gabelig sich verzweigenden

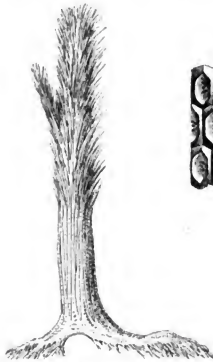


Fig. 267.



Fig. 268.

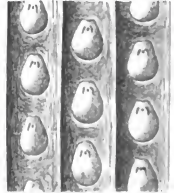


Fig. 269.

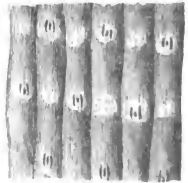


Fig. 270.

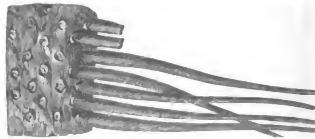


Fig. 271.

Fig. 267. *Sigillaria Browni* Dawa. (restauriert). — Fig. 268. *Sigillaria elegans* (hexagona) Brongn., Stammstück. — Fig. 269. *Sigillaria elliptica* Brongn., Abdruck eines Stammstückes. — Fig. 270. Steinkern einer *Sigillaria* nach abgefallener Kohlenrinde. — Fig. 271. *Stigmaria ficoides* Brongn.

Stämme von *Lepidodendron* und der weniger häufigen Gattung *Lepidophloios* (Fig. 272 bis 277) sind auf ihrer Oberfläche mit meist rhombischen Blattpolstern dicht bedeckt, welche sich spiralig um den Stamm ziehen und deren Blattnarben mit langen linealen Blättern besetzt waren. Die gabeligen Zweige trugen an ihrem Ende große cylindrische Fruchtzapfen (*Lepidostrobus*). Die Wurzelstöcke der *Lepidodendren* gleichen denen

der Sigillarien, sind also Stigmarien. Steinkerne von *Lepidodendron*, aber auch von Sigillarien sind die Knorrien (Fig. 275), die von



Fig. 272. *Lepidodendron*; restauriert.



Fig. 273. *Lepidodendron Voltheimianum* Sternb., aus dem Culm. Stammstück.



Fig. 274. *Lepidophloeolaricina* Sternb.



Fig. 275. *Knorria imbricata*.



Fig. 276. *Lepidodendron dichotomum* Sternb. Abdruck eines Stammfragmentes. p Polster; n Blattnarbe.

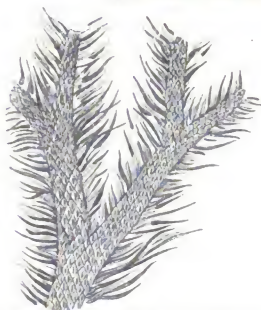


Fig. 277. Rebblätterter Zweig von *Lepidodendron*.

schuppig über einander liegenden Gebilden bedeckt sind. — Die carbonischen, äußerlich an Cycadeen erinnernden Gewächse und die Coniferen

stehen an Häufigkeit der Individuen und noch mehr der Formen weit hinter den damaligen Farnen, Sphenophyllen, Calamiten, Sigillarien und Lepidodendren zurück; nur die gleichfalls zu den Gymnospermen gehörigen Cordaiten (*Cordaite*s, Fig. 278), und deren Früchte (Fig. 279) sind häufiger anzutreffen. Eine gewisse Modification der Steinkohle, die Faserkohle, scheint zum großen Teil aus solchem Araucarien- und Cordaitenholze hervorgegangen zu sein.

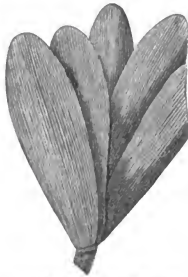


Fig. 278. *Cordaite*s. Zweigende.



Fig. 279. *Cyclocarpus Cordai* Gein., von unten und von der Seite.

Die soeben aufgeführte, in ihrer Gesamtheit für das Carbon charakteristische Pflanzenwelt ist jedoch keine einheitliche und gleichzeitige, sondern verteilt sich auf eine Anzahl von sich einander ablösenden und aufeinander folgenden Floren, deren neuerdings *Potonié* 6 unterscheidet*), nämlich:

Flora I (Culm) z. B. mit *Calamites transitionis* (*Asterocalamites scrobiculatus*), *Sphenopt. distans*, *Rhodea patentissima*, *Archaeopteris dissecta*, *Cardiopteris*, *Neuropteris antedecens*.

Flora II. (Waldenburger und Ostrauer Schichten), z. B. mit *Sig. squamata*, *Lepid. Veltheimianum*, *Lepid. Volkmannianum*, *Knorria imbricata*, *Sphenopteris elegans*, *Adiantites oblongifolius*.

Flora III. Übergangsflora von II zu IV.

Flora IV (Saarbrückener und Schatzlarer Schichten, reich an Sphenopteriden, u. a. *Palmatopteris furcata* und Sigillarien, vorzüglich Favularen, ferner mit *Alethopteris lonchitica*, *Neuropteris flexuosa*, *Cal. Suckowi*, *Cal. ramosus*, *Lepidodendron dichotomum*.

Flora V sehr ähnlich der vorigen, jedoch mit *Annularia stellata*.

Flora VI. (Ottweiler Schichten) mit zahlreichen Pecopteriden, z. B. *Pec. arborescens*, *Odontopt. Schlotheimi*, *Sphenophyllum Schlotheimi*, *Cal. cruciatus*, *Annularia stellata*, *Asterophyllum equisetiformis*.

Mit Flora VII beginnt das Unterrotliegende.

*) H. Potonié. Florist. Gliederung d. deut. Carb. u. Perm. Abh. d. k. pr. geol. La. II. 21. Berlin 1896.

Während die angeführten Pflanzen ausschließlich den Sumpf-, Land-, und Binnenseebildungen der Steinkohlenformation angehören, sind die zahlreichen Reste der carbonischen Fauna bis auf einige Amphibien, Süßwasserfische, Arthropoden und Zweischaler auf die Gesteine marinen Ursprunges beschränkt. Von den niedrigsten Tieren, den Protozoën, tritt namentlich eine bis weizenkorngroße Foraminifere, *Fusulina cylindrica* Fisch. (Fig. 280), im oberen Kohlenkalke von Russland, Ohio, Illinois, Kansas, Japan in ungeheurer Anzahl der Individuen auf. Den carbonischen Korallen ist durchweg noch ein paläozoischer Habitus eigen, sie gehören also ausschließlich den *Zoantharia rugosa* und *tabulata* an. Von ersteren sind



Fig. 281. *Lithostrotion basaltiforme* Phil.



Fig. 280. *Fusulina cylindrica* Fisch. (natürl. Größe u. vergrößert.)

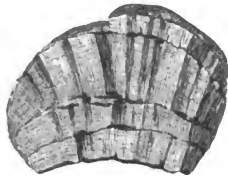


Fig. 282. *Chaetetes radians* Fisch.



Fig. 283. *Zaphrentis cornucopiae* E. u. H.

die Gattungen *Lithostrotion*, *Amplexus*, *Lonsdaleia*, *Cyathaxonia*, *Zaphrentis* als ausschließlich oder wesentlich carbonisch zu nennen. Unter ihnen zeichnen sich namentlich *Lithostrotion basaltiforme* Phil. (Fig. 281), *Amplexus coralloides* Sow. und *Zaphrentis cornucopiae* E. und H. (Fig. 283) durch ihre Häufigkeit und große Verbreitung in Deutschland, England, Belgien, Russland und den westlichen Staaten von Nordamerika aus. Von Tabulaten sind *Calamopora*, *Michelinia* und *Chaetetes* (Fig. 282) vorzugsweise wichtig, ohne allein auf die carbonische Formation beschränkt zu sein, wenn sich auch die Mehrzahl der Arten von *Chaetetes* und *Michelinia* in dieser Gruppe finden. Die Crinoideen, und zwar sowohl die echten armtragenden, wie die Blastoideen, erreichen im Kohlenkalke das Maximum ihrer Entwicklung; die verticale Verbreitung der letzteren fällt sogar fast ausschließlich in die carbonische Formation, weshalb sie zu den bezeichnendsten organischen Resten der letzteren zu rechnen sind. Die größte Bedeutung besitzen, und zwar vorzugsweise für

den nordamerikanischen Kohlenkalk, in welchem sie ganze Bänke bilden oder dicht erfüllen können, die Gattungen *Cyathocrinus* (Fig. 284), *Actino-*
crinus (Fig. 285), *Rhodocrinus*, *Poteriocrinus* (Fig. 286), *Amphora-*

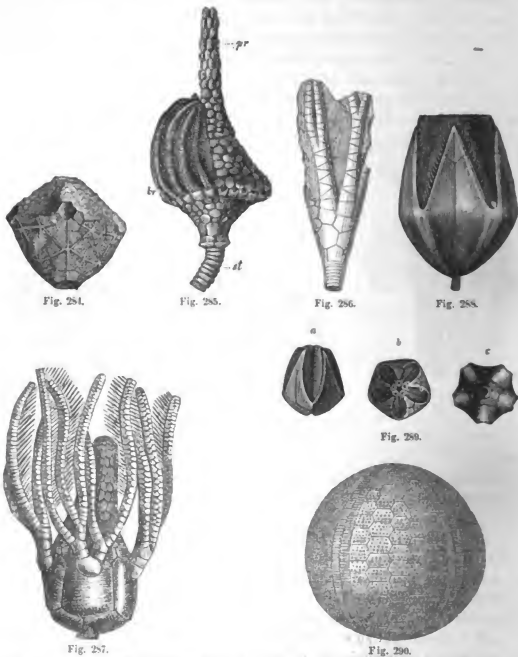


Fig. 284. *Cyathocrinus caryocrinoides* M'Coy. — Fig. 285. *Actinoocrinus* (*Batocrinus*) *pyriformis* Shum. Zur Hälfte der Arme entkleidet. (st = Stiel, — br = Arme, — pr = Proboscis). — Fig. 286. *Poteriocrinus missouriensis* Shum. — Fig. 287. *Platyocrinus trigintadactylus* Aust. — Fig. 288. *Pentremites sulcatus* Rön. — Fig. 289. *Pentremites borealis* Say; a von der Seite, b von oben, c von unten. — Fig. 290. *Palaeocrinus elegans* M'Coy.

crinus und *Platyocrinus* (Fig. 287), namentlich aber das Blastoideen-
Genus *Pentremites* (*Pentatrematites*) (Fig. 288 und 289). Die

Cystideen haben sich bereits überlebt und sind ausgestorben. Die übrigen Abteilungen der Echinodermen sind nur sparsam und zwar durch Seeigel von ausschließlich paläozoischem Habitus (Perischoëchiniden) vertreten. Ihre Schale zerfällt in 30—75 Reihen von zum Teil sechsseitigen Täfelchen, während bei allen späteren und auch den jetzigen Echiniden die Zahl der Asselreihen 20 nie übersteigt. Zu diesen paläozoischen Echiniden gehört der obercarbonische *Archaeocidaris* mit langen Stacheln, welche auf großen Warzen aufsitzen, ferner *Melonites* und *Palaëchinus* (Fig. 290), deren Oberfläche mit kleinen körnigen Wärrchen bedeckt ist, sämtlich aus dem Kohlenkalk von Russland, England, Belgien und Nordamerika in besonderer Schönheit bekannt.



Fig. 291.



Fig. 292.



Fig. 294.



Fig. 295.



Fig. 293.



Fig. 296.

Fig. 291. *Productus semireticulatus* Flem. — Fig. 292. *Productus longispinus* Sow. — Fig. 293. *Spirifer striatus* Sow. (sp = innere Armspirale). — Fig. 294. *Spirifer glaber* Sow. — Fig. 295. *Conocardium aliforme* Sow. — Fig. 296. *Posidonia* (*Posidonomya*) *Becheri* Brunn.

Unter den Mollusken der carbonischen Gruppe macht sich ein etwas entschiedeneres Zurücktreten der Brachiopoden und Cephalopoden gegenüber den Gastropoden und Zweischalern bemerkbar. Trotzdem liefern beide erstgenannte Abteilungen noch zahlreiche für den Kohlenkalk bezeichnende Formen, unter denen von Brachiopoden namentlich *Productus*, sowie *Orthis*, *Chonetes*, *Spirifer* und *Spirigera*, von Cephalopoden *Orthoceras*, *Nautilus*, *Cyrtoceras* und *Goniatites* größere Wich-

tigkeit besitzen. *Productus semireticulatus* Flem. (Fig. 291), *Prod. giganteus* Sow., *Prod. scabriculus* Sow., *Prod. longispinus* Sow. (Fig. 292), *Spirifer glaber* Sow. (Fig. 294), und der bis 12 cm breite *Spirifer striatus* Sow. (Fig. 293) gehören zu den charakteristischen Leitfossilien der carbonischen Formation und erhalten durch ihre weite horizontale Verbreitung, — sie sind aus Europa, Asien, Amerika und Australien bekannt — doppelte Bedeutung.

Zweischaler sind in der Kohlenformation in bereits großer Zahl und Mannigfaltigkeit enthalten und gehören den Gattungen *Pecten*, *Aviculopecten*, *Arca*, *Nucula*, *Edmondia*, *Conocardium* (Fig. 295), *Posidonia* (*Posidonomya*) an, von denen die letztgenannte eine in den Thon-

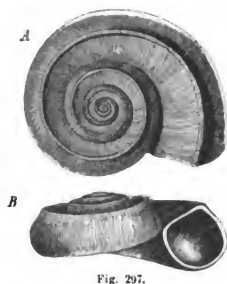


Fig. 297.

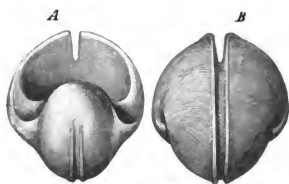


Fig. 298.



Fig. 299.



Fig. 300.

Fig. 297. *Euomphalus* (*Straparollus*) *pentangulatus* Sow. (A von oben. — B von vorn). — Fig. 298. *Belleophon* *bicarenus* Lév. (A von vorn, — B von hinten). — Fig. 299. *Goniatites* (*Glyphioceras*) *sphaericus* Mart. — Fig. 300. *Nautilus* *cyclostomus* Phill.

schiefern des Culms außerordentlich häufige und bezeichnende Species *Pos. Becheri* Bronn (Fig. 296) liefert, deren concentrisch gerippte, papierdünne Schalen manche Schichtungsflächen ganz bedecken. In den Schieferthonen und Kohlenflötzen der productiven Steinkohlengruppe sind Schalen von Süßwassermuscheln, *Anthracosia*, nicht selten. Die carbonischen Gastro-

poden-Geschlechter sind fast die nämlichen wie die des Devons; die wichtigsten sind *Pleurotomaria*, *Loxonema*, namentlich aber *Euomphalus* (Fig. 297) und *Bellerophon* (Fig. 298), dessen ungekammerte, Argonauta-ähnliche Schale eine sehr gewöhnliche Erscheinung in manchen Kohlenkalken ist.

Von Cephalopoden sind *Orthoceras*-Arten von zum Teil riesigen Dimensionen im Kohlenkalk nicht selten; *Nautilus* liefert bezeichnende, in der Mitte oft nicht geschlossene Arten mit Längsreifen, Knoten und Rippen (Fig. 300). Die *Goniatiten* sind namentlich durch die neuen Gattungen *Brancoceras*, *Glyphioceras* (Fig. 299), *Pronorites* vertreten. Das dem Kohlenkalk und Culm gemeinsame Vorkommen von *Goniatites sphaericus* Haan (*crenistris* Phil.) (Fig. 299) ist einer der Beweise für die Äquivalenz beider.

Die Trilobiten sind bis auf einige wenige, kleine und sparsam vorkommende Arten, welche den Gattungen *Phillipsia* (Fig. 301) und *Proetus* angehören, ausgestorben und werden durch einige *Limuliden* (*Prestwichia*) sowie durch echte *Phyllopoden* (*Leaia*, *Estheria*) ersetzt. In den Resten einer Anzahl von anderen Arthropoden treten zugleich mit einigen Arten von *Pupa* die ersten, etwas häufigeren Spuren landbewohnender und luftatmender Tiere auf. Sie sind der Natur der Sache nach fast ausnahmslos auf die productive Steinkohlenformation beschränkt, gehören *Arachniden*, *Scorpionen* (Fig. 302), *Tausendfüßen*, *Schaben*, *Termiten* und *Locustiden* an und haben sich namentlich bei Wettin, bei Saarbrücken, in Oberschlesien, bei Stradonitz und Radnitz in Böhmen, bei Commeny in Frankreich, in England, Schottland, Nova Scotia und Illinois gefunden*).

Die carbonischen Fische verteilen sich auf die marine und die kohlenführende Schichtengruppe der Steinkohlenformation und sind einerseits haiartige Knorpelfische, anderseits Vorläufer der Zechsteinfische, nämlich *heterocerale* kleinschuppige *Ganoiden*. Von ersteren (*Psammodus*, *Cladodus*, *Cochliodus*, *Ctenacanthus*) haben sich gewöhnlich nur die Mahlzähne und zum Teil fußlange Flossenstacheln, — von letzteren (*Palaeoniscus*, *Amblypterus*) auch vollständige Abdrücke erhalten; Knochenfische hingegen sind noch gar nicht vertreten.



Fig. 301. *Phillipsia pustulata* Schloth.



Fig. 302. *Eoscorpius glaber* Peach. Schottland.

*; Systemat. Zusammenstellung und Litteratur siehe Scudder, in Zittel. Paläozoologie I. Abt., II. B. S. 721, 732 u. 747.

In der carbonischen Periode wird die Tierwelt durch das Auftreten der ältesten luftatmenden Wirbeltiere (Eotetrapoda) und zwar von amphibienartigen Geschöpfen, den Stegocephalen, um einen neuen, wichtigen Typus bereichert.

Dieselben wurden zuerst in Neu-Schottland (Nordamerika) im Inneren ursprünglich hohler, später durch Sand und Schlamm ausgefüllter, aufrecht stehender Sigillarien-Strünke gemeinsam mit Pupa und einem Tausendfüße aufgefunden. Von dort beschrieb Dawson die Reste von Hylonomus, Dendroterpeton, Hylerpeton und Baphetes*). Auch in Ohio, Illinois und England sind Skeletteile carbonischer Stegocephalen (Anthracosaurus, Pholidogaster, Keraterpeton, Urocordylus u. s. w.) beschrieben worden. Von solchen Schuppenlurchen scheinen die Fußeintritte herzuführen, welche sich auf den Schichtungsflächen der Steinkohlensandsteine von Pennsylvanien und Nova Scotia in nicht unbeträchtlicher Anzahl vorfinden. Ihre Hauptentfaltung aber erlangt diese Tiergruppe erst im Perm.

Verschiedene Facies und Zweiteilung der carbonischen Formation. Die Steinkohlenperiode wurde innerhalb großer Räume der Erdoberfläche durch säculare Hebungen eingeleitet, infolge deren die Continente auf Kosten der Ausdehnung der Oeane an Areal zunahmen. Auf dem dem Meere abgewonnenen flachen Terrain sammelten sich die atmosphärischen Wasser, deren Ablauf durch zusammenhängende Flusssysteme noch weniger geregelt war, in zahllosen seichten Tümpeln an und verwandelten dasselbe in sumpfige Niederungen, auf welchen eine üppige Flora emporwucherte, weit ausgedehnte Waldmoore und Dschungeln bildete und das Material der Steinkohlenflötze lieferte. Während der Zeit dieser terrestren Ablagerungen nahm naturgemäß auch der Gesteinsbildungsprocess auf dem Grunde des Meeres seinen Fortgang. Die oceanischen Sedimente umschlossen die Körper der absterbenden Meeresbewohner, so dass sich gleichzeitig mit der terrestren das Material einer mächtigen, versteinierungsführenden marinen Schichtenreihe anhäufte. Infolge stets fortdauernder Niveauveränderungen tauchte allmählich auch ein Teil dieses mit Sedimenten des offenen Meeres (Kohlenkalk) sowie mit solchen der Litoralzonen (Culm) bedeckten Meeresbodens aus dem Oceane empor und vergrößerte die Continente, so dass sich deren Flora auf dem neu gewonnenen Festlande ausbreiten konnte, um jetzt auch auf ihm Material zur Bildung von Steinkohle aufzuspeichern. Daraus geht hervor, dass die Schichtenreihe der Steinkohlenformation stellenweise eine reine Sumpf-, Süßwasser- und Waldmoor- (terrestre) Bildung, an anderen Punkten, welche während der

* J. W. Dawson. Air-Breathers of the Coal-Period. Montreal 1863. Auch in: Aca-dian Geology. London 1868. p. 353. — Derselbe: Erect trees containing animal remains etc. Phil. Trans. R. Soc. London. 1882. p. 624.

carbonischen Periode gar nicht über den Meeresspiegel gehoben wurden, ein ausschließlich marines Product ist, dass ferner das carbonische System in noch anderen Terrains aus zwei über einander gelagerten Complexen verschiedenen Ursprunges bestehen kann, deren unterer einen marinen, deren oberer einen terrestren Charakter trägt. In der Verschiedenartigkeit sowohl ihres petrographischen wie paläontologischen Charakters finden die Verhältnisse, unter denen diese verschiedenen Facies des Carbons zur Ablagerung gelangten, ihren unverkennbaren Ausdruck.

Die carbonische Formation wird auf Grund paläontologischer Verschiedenheiten in zwei Abteilungen gegliedert: das Untercarbon und das Obercarbon.

1. Das **Untercarbon** oder **Subcarbon** kann nach obigen Darlegungen je nach seinem Ablagerungsgebiete in dreierlei Facies zur Entwicklung gelangt sein: 1. in mariner Facies als unterer Kohlenkalk. Derselbe besteht, worauf der Name hindeutet, fast ausschließlich aus reinem oder dolomitischem Kalksteine und ist zum Teil ganz außerordentlich reich an Resten einer Fauna des offenen Meeres, also Cephalopoden, Brachiopoden, Korallen und Crinoideen, welche namentlich durch die Genera: *Goniatites*, *Productus*, *Rhynchonella*, *Chonetes*, *Spirifer*, *Lithostrotron*, *Cyathaxonia*, *Zaphrentis*, *Cyathocrinus*, *Actinocrinus*, *Pentremites* vertreten werden. Seine Hauptverbreitung findet er in Belgien, Irland, Wales, Russland und Nordamerika.

2. in litoraler Facies. An Stelle des unteren Kohlenkalkes tritt in manchen carbonischen Territorien, so in Westfalen, Nassau, im Harz, Fichtelgebirge, Vogtlande, südöstlichen Thüringen, in Schlesien, Mähren, in den Ostalpen, in Portugal, Devonshire und Irland ein ihm anscheinend ganz unähnliches Schichtensystem, der Culm. Diese Formation besteht aus einer Wechsellagerung von Thonschiefer, Kieselschiefer, kieseligen Plattenkalken, Sandsteinen, Grauwacken und Conglomeraten und führt meist nur local und zurücktretend marine Reste. Namentlich fehlen die Korallen und Crinoideen gewöhnlich fast vollständig, ebenso die Brachiopoden bis auf einige *Productus*-Arten, nämlich *Prod. antiquus*, *semireticulatus* und *latissimus*. Außerdem führen die Culm-Thonschiefer mit dem Kohlenkalke *Posidonia Becheri*, *Goniatites sphaericus*, *Gon. mixolobus*, *Orthoceras striatum* gemeinsam, wodurch sich beide, außer durch ihre Lagerungsverhältnisse, als äquivalente Bildungen legitimieren. Die hierher gehörigen dunklen Thonschiefer werden nach der ihre Schichtungsflächen oft in großer Anzahl bedeckenden *Posidonia Becheri* Posidonienschiefer genannt. Abweichend von dem typischen Kohlenkalke umschließen die Grauwacken und Sandsteine des Culms Reste von zahlreichen Arten eingeschwemmter Landpflanzen und darunter besonders *Asterocalamites scrobiculatus* (*Calamites*

transitionis), ferner *Lepidodendron Veltheimianum*, *Stigmaria ficoides*, *Neuropteris antedecens*, *Archaeopteris dissecta*, *Sphenopteris distans*. Dieser Culm ist demnach, wie auch seine Führung von z. T. sehr groben Conglomeraten beweist, innerhalb flacher Uferzonen und Lagunen zur Ablagerung gelangt, also die litorale Facies des Unter-carbons.

3. in terrestrer Facies erscheint das Subcarbon als Kohlen-Culm in Form einer mächtigen Schichtenfolge von vorwaltenden groben Conglomeraten nebst Sandsteinen und Schieferthonen, welche bei Hainichen und Ebersdorf in Sachsen, in Schottland, Devonshire, Russland und Nordamerika Kohlenflütze umschließt und mit den marinen unteren Kohlenkalken local dadurch auf das innigste verknüpft ist, dass sich zwischen diese Conglomerat- und Sandsteinablagerungen des Strandes in der Richtung nach dem damaligen offenen Meere zu versteinungsreiche Kohlenkalkbänke einschalten, deren Mächtigkeit auf Kosten der Conglomerate und Sandsteine mehr und mehr zunimmt, bis sie die letzteren allmählich ganz verdrängt haben und nun die typische marine Kohlenkalkformation repräsentieren. Derartige Verhältnisse sind z. B. in den schottisch-englischen Bassins (Califerous Sandstone), in dem appalachischen Kohlenbecken, sowie in Nova Scotia in Nordamerika in außerordentlicher Deutlichkeit entwickelt, aber auch in der Chemnitz-Hainicher Culm-Mulde angedeutet.

II. Das **Obercarbon** ist in zweifacher Facies zur Ablagerung gelangt: 1. seine terrestre Facies, die productive Kohlenformation, besteht vorwaltend aus Sandsteinen nebst Conglomeraten, Schieferthonen und Steinkohlenflützen. In England, Oberschlesien und Saarbrücken steigt ihre Mächtigkeit bis zu mehr als 3500 m. Die Anzahl der in ihr auftretenden Steinkohlenflütze ist zum Teil sehr bedeutend und beträgt z. B. in Oberschlesien mehr als 400, in Westfalen bis über 170, bei Saarbrücken 230 und bei Mons in Belgien 445. Die Landpflanzen, mit welchen die Schieferthone angefüllt sind, und welche das Material der Steinkohlenflütze geliefert haben, also *Sigillaria*, *Lepidodendron*, *Calamites*, Farne und Cordaiten, sowie die Reste luftatmender Tausendfüße, Insekten, Spinnen, Mollusken und Stegocephalen, beweisen, dass die Bildung der productiven Kohlenformation in ausgedehnten, mit Süßwassertümpeln und Landseen abwechselnden, sumpfigen Niederungen vor sich gegangen ist. In Westfalen, England und Nordamerika beginnt dieselbe mit dem flötzleeren Sandsteine oder Millstonegrit, einem Complex von Conglomeraten, groben Sandsteinen und Schieferthonen, nur ausnahmsweise mit Steinkohlenflützen, an dessen Stelle andersorts (so in Schlesien) die unterste Stufe der flötzführenden productiven Steinkohlenformation tritt.

In das untere Niveau dieser productiven Steinkohlenformation schalten sich in Coalbrook-Dale, bei Glasgow, in Yorkshire und den angrenzenden Teilen des nördlichen Englands, in Belgien, im Ruhrgebiete und in Ober-

schlesien, sowie in Asturien, in Texas, in Nordamerika und in Nova Scotia, Kalkbänke mit Resten von Meeresbewohnern ein, unter denen namentlich die Geschlechter *Fusulina*, *Productus*, *Spirifer*, *Pecten*, *Orthis*, *Chonetes*, *Nautilus*, *Goniatites*, *Orthoceras* vertreten sind. In den Karnischen Alpen und am Donetz in Südrussland wechsellagernd Fusulinenkalk sogar siebenmal mit Landpflanzen oder Steinkohlen führenden Schiefern und Sandsteinen des Obercarbons. Es geht daraus hervor, dass sich die flachen Küstenländer der carbonischen Continente zeitweilig unter den Meeresspiegel gesenkt und nach kurzem wieder gehoben oder dass Oscillationen des Meeres stattgefunden haben.

2. Die marine Facies des Obercarbons, der obere Kohlenkalk, mit *Fusulinen*, *Productus semireticulatus*, *Pr. cora*, *Euomphalus pernodosus*, *Spirifer lineatus*, *Sp. mosquensis* u. a. hat, und zwar namentlich als *Fusulinenkalk*, vorzüglich in Centralrussland, in Indien, in China, Japan, Korea, im westlichen Nordamerika eine weite Verbreitung.

Wie aus Obigem im allgemeinen hervorgeht, gliedert sich die Carbonformation wie folgt:

	Terrestre und limnische Facies		Marine Facies	
Ober-Carbon	Productive Steinkohlenformation	Oberer Abteilung = Ottweiler Schichten, Radowenzer u. Schwadowitzer Schichten; Flora VI; Farnstufe.	Oberer Kohlenkalk = Fusulinenkalk	
		Mittlere Abteilung = Saarbrücker Schichten = Schatzlarer Schichten; Flora IV u. V; Sigillarienstufe.		
		Untere Abteilung = Waldenburger = Ostrauer Schichten; Flora III u. II; Lepidodendrenstufe.		
Unter-(Sub-) carbon	Kohlen-Culm; Flora I, S. 458.		litoral	pelagisch
			Culm	Unterer Kohlenkalk

Geographische Verbreitung der carbonischen Formation. Ganz abgesehen davon, dass das Auftreten des Carbons mit beinahe identischen Floren und Faunen in fast allen Weltteilen und unter allen Breiten hohes wissenschaftliches Interesse erregt, ist die geographische Verbreitung der Steinkohlenformation, welcher jetzt die Hauptmasse des augenblicklich consumierten Brennmaterials (jährlich etwa 460 Millionen Tonnen) entnommen wird, von höchster technischer und nationalökonomischer Bedeutung.

Von allen Ländern Europas nimmt die carbonische Formation in Großbritannien das größte Areal, nämlich eine Fläche von etwa 480 Quadrat-Meilen ein. Die hierher gehörigen Ablagerungen ruhen z. T. concordant und durch Übergänge verknüpft auf den Schichten des Devons oder discor-

dant auf den archaischen Formationen und bilden, teils durch Dämme dieser Gesteine, teils durch überlagernde jüngere Gebilde, sowie durch Denudation und Meeresarme getrennt, eine Anzahl isolierter Areale, deren bedeutendste die von Südwales, Derbyshire, Yorkshire, Northumberland, Schottland und Irland sind. Die carbonische Schichtenreihe wird hier normal durch die subcarbonische Gruppe eröffnet, deren Hauptglied, der untere Kohlenkalk, namentlich im südlichen und mittleren England das Maximum seiner Mächtigkeit (1500 m) erreicht. Nach Norden zu beginnen sich einzelne, allmählich immer zahlreicher werdende Schieferthone und Sandsteine, sowie Kohlenflötze einzuschalten, welche nach und nach den Kohlenkalk fast ganz verdrängen und sich in Northumberland, namentlich aber in Schottland zu einem etwa 2000 m mächtigen, kohlenführenden System von klastischen Gesteinsschichten mit eingelagerten Kalkbänken (Culm) entwickeln, wie denn auch im südlichsten Teile von England, in Devonshire, der typische Kohlenkalk durch Culmschiefer und Plattenkalke mit Posidonia Becheri und darüber durch Sandsteine und Schieferthone mit Kohlenflötzen vertreten ist. Auf den Kohlenkalk, Culm und deren kohlenführende Äquivalentbildungen folgt der Millstone grit in zwischen 10 bis 300 m wechselnder Mächtigkeit und leitet die productive Kohlenformation ein. In Irland ist das Carbon fast nur durch Posidonien-Schiefer, Kohlenkalk und Millstone grit vertreten — in England und Schottland hingegen werden die untercarbonischen Gebilde und der Millstone grit von der echten productiven Steinkohlenformation in einer Mächtigkeit von bis 4000 m bedeckt, welche z. B. in Südwales 76 Kohlenflötze, unter diesen 23 bauwürdige von 32 m Gesamtmächtigkeit führt. In fast allen britischen Steinkohlendistricten sind isolierte Kohlenkalkbänke mit mariner Fauna zwischen den terrestren Schichten eingeschaltet. In Schottland gliedert sich die Carbonformation wie folgt: zu oberst Coalmeasures = productive Kohlenformation; — darunter Millstone grit; — Carboniferous Limestone Series = Sandsteine, Schieferthone, Kohlenflötze, Bänke von Kohlenkalk; — Calciferous Sandstone Series = Sandsteine mit Landpflanzen und Kohlenflötzchen, dazwischen marine Kalkbänke (Kalkstein von Bourdie-House mit Fischen und Crustaceen), Ölschiefer — zu unterst rote und graue Sandsteine und Conglomerate, die in den Old red übergehen.

Treten wir auf den europäischen Continent, so finden wir eine der englischen vollkommen entsprechende Steinkohlenbildung an den Nordrand des belgisch-rheinischen Devonterrains angelagert. In Form eines verhältnismäßig schmalen Streifens dehnt sich dieselbe vom Nordabfalle der Ardennen von Bethune und Valenciennes das Maasthal entlang über Namur, Lüttich und Aachen aus, erleidet dann eine bedeutende Unterbrechung durch das Rheinthale, um weiter östlich an dem nördlichen Rande des westfälischen Devongebirges wieder aus der jüngeren Gesteinsüberlagerung her-

vorzutauchen und sich bis Stadtherge hinzuziehen. In dem Steinkohlenterrain von Belgien und Aachen ruht die durch den Kohlenkalk gebildete subcarbonische Gruppe in steiler Schichtenstellung gleichförmig auf den jüngsten devonischen Schichten und wird direct von der productiven Steinkohlengruppe überlagert. Nach Gosselet und de Koninck gliedert man den belgischen Kohlenkalk in 3 Abtheilungen: zu oberst Calcaire de Visé (Viséen) mit den Stufen des Productus Cora, des Prod. undatus und des Prod. giganteus; darunter der Calcaire de Tournai (Tournaisien) mit Spirifer tornacensis und den Stufen des Prod. semireticulatus und des Prod. Heberti, namentlich Crinoidenkalke, die weiter im SW. (Rocroi und Charleville) vom Waulsortien, vorwiegenden Korallenkalken, vertreten werden. Das productive Kohlengebirge (Étage houiller) bildet in Belgien 2 große Becken, dasjenige von Lüttich (oder der Maas) und das von Mons (oder der Sambre), ebenso in der Aachener Gegend die Inde- oder Eschweiler-Mulde und die Worm-Mulde (siehe Fig. 305, S. 484). In Westfalen*) hat die carbonische Formation, obwohl sie als östliche Fortsetzung der linksrheinischen zu betrachten ist, eine etwas abweichende Ausbildung erfahren. Der Kohlenkalk tritt hier nur in dem äußersten, dem Rheine zugewandten Flügel in der Nähe von Düsseldorf (Ratingen) auf, weiter nach Osten zu keilt er sich bei Leimbeck gänzlich aus und wird durch ein über 600 m mächtiges System von Thonschiefern, Kieselschiefern, Plattenkalken und Grauwacken, den Culm, ersetzt, welcher u. a. Posid. Becheri und Goniatites sphaericus sowie Landpflanzen führt. Die productive Kohlenformation (das Ruhrbecken) wird durch den flötzleeren Sandstein eingeleitet, ist 2600 m mächtig, führt 476 Kohlenflötze, darunter 90 bauwürdige mit etwa 81 m reiner Steinkohle und in Wechsellagerung mit diesen 12 Bänke mit marinen Resten (Nautilus, Goniatites, Lingula u. a.) und wird von der Kreide discordant überlagert, auf welcher z. B. Essen, Bochum und Dortmund liegen.

Auch an dem Ostrande des rheinischen Schiefergebirges windet sich ein durch Erosion vielfach zerstückelter Streifen der carbonischen, und zwar ausschließlich der subcarbonischen Formation hin, tritt als Culm mit Posidonia Becheri im Dillenburgischen in Nassau auf und zieht sich von hier aus einerseits gegen Süden in den Kreis Wetzlar, anderseits gegen Norden bis nach Stadtherge, wo er sich an das westfälische Kohlenterrain anschließt.

Die im nördlichen Teile von Westfalen bei Ibbenbüren und am

* H. von Dechen. Geol. u. pal. Übersicht d. Rheinprov. u. d. Prov. Westf. Bonn 1884. S. 208—291. — Flötzkarte des Westf. Steinkohlenbeckens (43 Grundriss-Sectionen u. 25 Profilafeln 1:5000). Leipzig 1886. — W. Runge. Das Ruhr-Steinkohlenbecken mit 9 Tafeln. Berlin 1892. — L. Cremer. Die foss. Fauna des westf. Carbons. Marburg 1893. — A. v. Koenen. Die Culm-Fauna v. Herborn. N. Jahrb. etc. 1879. S. 309. — E. Kayser. Culm am Nordrande des rhein. Schiefergeb. Jahrb. d. k. pr. La. Berlin 1884. S. 54.

Piesberg bei Osnabrück aus der Decke von jüngeren und jüngsten Formationen hervortretenden isolierten Partien der productiven Steinkohlenformation stehen wahrscheinlich mit dem westfälischen Steinkohlengebirge unterirdisch in Verbindung und sind nur Ausläufer dieses letzteren. Sie führen bei Ibbenbüren 7 bauwürdige Flötze mit 5,26 m Kohle und 5 unbauwürdige; bei Piesberg 3 bauwürdige Flötze mit 2,74 m Kohle.

An den Südfall des Hunsrück lehnt sich das Kohlenbecken von Saarbrücken. Seine carbonischen Schichten gehören ausschließlich der mittleren und oberen productiven Kohlenformation an. Die Steinkohlenflötze sind fast ganz auf die untere dieser beiden Abteilungen, die Saarbrücker Schichten, beschränkt. Diese besitzen eine Mächtigkeit von etwa 2800 m, in welchen bis jetzt 145 unabbaubare und 88 bauwürdige Flötze, letztere zusammen 82 m mächtig, aufgeschlossen sind. Sie lagern flach muldenförmig und zwar discordant auf devonischen Schiefern auf und werden mit dem Rotliegenden durch die obere Abteilung des dortigen Carbons, die Ottweiler Schichten, innig verknüpft. Der flötzreiche Teil des Saarbrücker Kohlenbeckens nimmt ein Areal von 7 Quadratmeilen ein. Die Steinkohlenformation dieses Saargebietes gliedert sich nach E. Weiß wie folgt:

3. Flötzarme Abteilung, die Ottweiler Schichten (= obere Abteilung der prod. Steinkohlenformation = Farnstufe). In ihrer unteren Stufe mit einigen Kohlenflötzen, ferner mit *Anthracosia*, *Estheria*, *Leaia*, *Candona*, Fischschuppen und Koprolithen; *Pecopteris arborescens*, *Callipteridium mirabile*, *Annularia stellata*, *Odontopt. Reichiana* u. a.
4. Flötzreiche Abteilung, die Saarbrücker Schichten (= mittlere Abteilung der prod. Steinkohlenformation = Sigillarienstufe), namentlich mit *Sigillaria* und *Lepidodendron*, *Calamites*, *Asterophyllites*, *Annularia*, *Sphenopteris*, *Neuropteris*, und *Cordaites* sowie *Anthracosaurus*- und *Insecten*-Resten.

Im Elsass ist sowohl der Culm, wie das productive Kohlengebirge entwickelt*). Ersterer enthält bei Thann und Niederburbach eine charakteristische Flora (*Knorria imbricata*, *Cardiopteris polymorpha* u. a.), bei Burbach u. a. O. eine subcarbonische Fauna (*Productus*, *Phillipsia*) und setzt ein ansehnliches Gebiet der Vogesen zusammen. Die obersten Stufen der productiven Steinkohlenformation (Laacher und Erlbacher Schichten) bilden eine Anzahl isolierter Schollen auf den ältesten Gesteinen der Vogesen. Im Schwarzwalde hingegen beschränkt sich das Steinkohlengebirge auf die steile, zwischen Gneiß und Granit eingeklemmte Mulde von Diersburg-Hagenbach-Berghaupten**), der Culm auf einen sich von Badenweiler bis Lenzkirch erstreckenden Streifen.

*) E. W. Benecke. Abriss d. Geologie v. Elsass-Lothringen. Straßburg 1878. S. 17. — G. Meyer. Culm i. d. südlichen Vogesen. Abh. z. geol. Specialkarte v. Els.-Lothr. B. III. H. 1. 1884. — A. Tornquist. Das fossilführ. Untercarbon in den Sudvogesen. Ebend. B. V. H. 4. 1895.

**) H. Eck. Erläut. z. geogn. Karte von Lahr. Lahr 1884. S. 34—72.

Am Aufbau des nordwestlichen Harzes*) nimmt der Culm einen wesentlichen Anteil, und gliedert sich dort wie folgt:

4. Obere oder Grunder Grauwacke, grobe und feinkörnige Grauwacken, sowie Thonschiefer mit schlecht erhaltenen Pflanzenresten; Conglomerate mit Granit- und Porphyrgeröllen;
3. Untere oder Clausthaler Grauwacke nebst Thonschiefern, mit *Cal. transitionis*, *Lepidodendron*, *Knorria*;
2. Posidonienschiefer mit *Pos. Becheri*, *Productus Cora*, *Goniat. crenistria*; Culmkalk des Iberges, von Lautenthal, Bockswiese.
1. Kieselschiefer, bunte Thonschiefer und Adinolen, mit Einlagerungen von Grauwacke und Diabas. Die Adinolen local mit *Phillipsia*, *Productus*, *Chonetes*, *Posidonia* etc. (Koch).

Im Unterharze findet sich der Culm durch die Elbingeröder Grauwacke, die Zorger Schiefer und die liegenden Adinolen und Kieselschiefer mit *Pos. Becheri*, *Goniatites cyclobus*, *Orthoc. striolatum* u. a., sowie durch einen Teil der Tanner Grauwacke vertreten **).

Im Norden des Harzes taucht in der Gegend von Magdeburg eine Anzahl subcarbonischer Klippen aus den jüngeren Formationen zu Tage ***). Es sind Grauwacken und Thonschiefer mit *Cal. transitionis*, *Lepid. Veltheimianum*, *Knorria imbricata* u. a., im Neustädter Hafen von Magdeburg mit *Orthoceras*, *Goniatites*, *Pecten*, *Phillipsia* und *Cypridinen* (Wolterstorff).

Südöstlich vom Harz ist das Obercarbon durch das Steinkohlengebirge von Wettin und Löbejün in der Provinz Sachsen vertreten, ersteres mit 4 Flötzen und 3,43 m Kohle†). Dasselbe bildet die obere Stufe eines 900 bis 1300 m mächtigen Schichtencomplexes, welcher sich discordant auf das Unterdevon des Osthazes auflagert und früher als Mansfeld-Rothener Unter- und Mittelrotliegendes aufgefasst wurde ††). Derselbe beginnt mit roten oder rötlichen Conglomeraten (Hornquarzconglomerate) und Arkosen mit Kalksteinknauern; darauf folgen rote Sandsteine und Arkosen (Siebigeröder Sandsteine) mit Kieselhölzern, sowie sandige Schieferletten und auf diese das Wettiner Steinkohlengebirge (= obere Ottweiler Schichten), um schließlich vom Unterrotliegenden und seinen Eruptivgesteinen überlagert zu werden. An der Basis dieses ganzen Schichtensystems stellen sich bei Grillenberg am Harzrande einige schwache Steinkohlenflötchen und Brandschieferbänke mit *Neuropteris flexuosa*, *Peco-*

*) A. v. Groddeck. Geognosie des Harzes. Clausthal. 2. Aufl. 1883. S. 406. — Ders. Oberharzer Culm. Jahrb. d. k. pr. geol. La. Berlin 1883. S. 44 u. 68. — M. Koch. Ebend. 1894. S. 185.

**) M. Koch. Jahrb. d. k. pr. geol. La. Berlin 1895. S. 125.

***) F. Klockmann. Ebend. 1890. S. 418.

†) H. Laspeyres. Geogn. Darstellung d. Steinkohlengebirges i. d. Gegend nördlich von Halle. Berlin 1875.

††) K. v. Fritsch. Das Saalthal zwischen Wettin und Cönnern. Z. f. Naturw. Halle 1888. S. 444.

pteris Miltoni und zahlreichen Stigmarien ein (Grillenberger Schichten = untere Ottweiler Schichten). Ebenfalls der oberen Stufe des Obercarbons ist neuerdings das von Sterzel u. a. als Unterrotliegendes aufgefasste Ilfelder Kohlengebirge zugerechnet worden, welches aus hercynischen Conglomeraten besteht, denen ein Complex von Sandsteinen und Schieferthonen mit einem 1,5 m mächtigen Flötz zwischengelagert ist.

Im Königreiche Sachsen*) besitzt die carbonische Formation eine größere Verbreitung und zwar als productive Steinkohlenformation (Äquivalent der Saarbrücker und unteren Ottweiler Schichten) in dem Zwickauer Kohlenfelde mit 10 Flötzen (darunter das Planitzer und das Rußkohlenflötz mit 8 bis 10 m Mächtigkeit), im Lugauer Kohlenfelde mit 7 Flötzen (davon die 4 unteren abbauwürdig, am Hedwig-Schachte scharen sich dieselben local zu einem einheitlichen Flötze von bis 19 m Mächtigkeit) und in dem Steinkohlenbassin von Flöha, welches jedoch sehr arm an Kohle ist, während das Döhlener Becken bei Dresden der unteren Stufe des Rotliegenden angehört. Außerdem finden sich auf dem Rücken des Erzgebirges noch einige kleine Schollen der productiven Kohlenformation, so bei Brandau, Zaunhaus, Altenberg, Saida und Schönsfeld. Das Subcarbon ist in Sachsen vertreten 1. durch den kohlenführenden Culm von Chemnitz-Hainichen (zu unterst das Grundconglomerat, darüber Arkosen, Sandsteine, Schieferthone und Steinkohlenflötze nebst Linsen von Kohlenkalk); 2. durch den Culm und Kohlenkalk von Wildenfels bei Zwickau (Thonschiefer, Grauwacken und Conglomerate, sowie an Crinoiden reicher schwarzer Kohlenkalk); 3. durch den Culm des Vogtlandes (Grauwackensandstein, Granitconglomerat, Thonschiefer, mit Nestern von Kohlenkalk). Überall ist der Culm steil aufgerichtet, die productive Kohlenformation hingegen schwebend, und wo sie jenen überlagert, discordant auf ihm gelagert.

Eine sehr große Verbreitung hat der Culm im Fichtelgebirge, Frankenwald und im südöstlichen Thüringen**). Seine untere Stufe besteht hier aus schwarzen Thonschiefern mit Zwischenbänken von Kohlenkalk und kalkigen Grauwacken oder aber fast nur aus Dachschiefeln

*) H. B. Geinitz. Geogn. Darstellung d. Steinkohlenformation in Sachsen. Leipzig 1856. — Ferner: Profile durch das Zwickauer Becken nebst Erläut. von Mietzsch. — Sect. Lugau von Siegert u. Sterzel; Profiltafeln hierzu von Siegert, nebst den zugehörigen Erläuterungen. Ferner Sterzel. VII. Bericht d. naturwiss. Gesellsch. zu Chemnitz. S. 155. — Culm von Hainichen: Sect. Frankenberg-Hainichen von A. Rothpletz. — Ders. III. Beilage d. Botan. Centralbl. 1880. — T. Sterzel. IX. Ber. d. naturw. Ges. z. Chemnitz. 1883 u. 84. S. 181.

**) Th. Liebe. Schichtenaufbau Ostthüringens. Berlin 1884. S. 23. — C. W. Gumbel. Geognost. Beschr. des Fichtelgebirges. Gotha 1879. S. 526—576. — Th. Liebe und E. Zimmermann. Erläut. z. den Blättern Saalfeld, Ziegenrück u. Liebengrün d. geol. Karte v. Pr.

(Lehestener Schiefer n), erstere mit zahlreichen charakteristischen Tierresten (z. B. vielen *Productus*-Arten), letztere mit Landpflanzen (z. B. *Cal. transitionis*). Die obere Stufe besteht aus einem unendlichen Wechsel von Grauwacken und Thonschiefern, erstere stellenweise reich an Pflanzen, z. B. *Cal. transitionis* und *Lepid. Veltheimianum*; beide Stufen mit *Dictyodora Liebeana* Zimm. und *Phyllodocites thuringiacus* Gein.

Noch weiter im Osten Deutschlands breiten sich die Steinkohlengebiete von Ober- und Niederschlesien aus. Sie umfassen die obere und untere Abteilung der carbonischen Formation, und zwar in Niederschlesien*) eine Combination beider Facies der subcarbonischen Gruppe, indem Kohlenkalklager mit *Productus* und *Spirifer* zwischen den Grauwacken und Schiefer n des Culms mit *Calamites transitionis* (= *Asterocalamites scrobiculatus*) eingeschaltet auftreten. Das nach Dathe dem Subcarbon discordant aufgelagerte productive Steinkohlengebirge bildet eine von Nordwest nach Südost gerichtete Mulde, deren östlicher Flügel sich an den Gneiß des Eulengebirges anlehnt und bei Waldenburg bergbaulich aufgeschlossen ist. Ihr westlicher Flügel tritt in Böhmen bei Schatzlar wieder zu Tage, während ihre ganze mittlere Partie durch Rotliegendes und Kreide ausgefüllt wird. Die dortige Kohlenformation führt 31 abbauwürdige Flötze mit 42,28 m Kohle. Im Laufe der Ablagerung des niederschlesischen Kohlengebirges erfolgten zahlreiche Durchbrüche von rotem Quarzporphyr, die zum Teil auffallende Contacterscheinungen bewirkten (s. S. 293 u. 294).

In Oberschlesien**) wird die Steinkohlenformation durch den Culm eröffnet, welcher sich im Westen an die devonische Zone von Zuckmantel-Sternberg anlehnt, indem er von Oberschlesien aus in südlicher Richtung nach Österreichisch-Schlesien und Mähren bis in die Gegend von Brünn fortsetzt und einen Flächenraum von mehr als 400 Quadratmeilen einnimmt. Er führt *Posid. Becheri*, *Goniatites sphaericus*, *Calamites transitionis*, *Lepid. Veltheimianum* u. a. und hat mit dem Culm des Oberharzes die meiste Verwandtschaft. Der Kohlenkalk ist nur an dem südöstlichen Ende des oberschlesischen Steinkohlenbeckens bekannt und führt namentlich *Productus semireticulatus* und *P. giganteus*. Das productive Steinkohlengebirge bildet verschiedene, inselartig aus dem umgebenden Diluvium sich erhebende Partien, deren größte sich zwischen Gleiwitz und Myslowitz ausdehnt. Sie gehören jedoch augenscheinlich ein und demselben Ablagerungs-

*) A. Schütze. Geognost. Darstell. des Niederschlesisch-Böhmischen Steinkohlenbeckens. Abhandl. z. geol. Specialk. v. Preußen. Bd. III. Heft 4. 1882. — E. Dathe. Geol. Besch. d. Umgegend von Salzbrunn. Ebend. Heft 43. 1892. S. 32—149.

**) Ferd. Römer. Geologie von Oberschlesien. Breslau 1870. Carbon. Formation. S. 39—104 Steinkohlenformat. von W. Runge. — D. Stur. Siehe S. 449. — Th. Ebert. Ergebnisse der neueren Tiefbohrungen im oberschles. Steinkohleng. Abh. d. k. pr. geol. La. H. 49. Berlin 1895. — H. Potonié. Florist. Gliederung. ebend. H. 24. 1896.

gebiete an, dessen Größe über 400 Quadratmeilen betragen wird, und sind nur oberflächlich durch Auflagerung jüngerer Schichtcomplexe getrennt. Die Gesamtmächtigkeit der oberschlesischen 104 Steinkohlenflöze wird auf 154 m berechnet, — das Xaveri-Flötz allein erreicht bis 16 m Mächtigkeit. Höchst interessant ist das Vorkommen mariner Fossilien, nämlich *Orthis*, *Chonetes*, *Nucula*, *Arca*, *Goniatites*, *Nautilus*, *Bellerophon* u. a., vorzüglich aber von *Productus longispinus*, *Orthoceras undulatum*, *Bellerophon Uri*, *Chonetes Hardrensis* in bestimmten, dem unteren productiven Steinkohlengebirge (der Rybniker oder Ostrauer Stufe) angehörigen Schichten, — eine Erscheinung, welche auf eine zeitweilige Überflutung des flachen Küstenlandes durch das Meer hinweist. Ferner stellen sich Brackwasserconchylien, wie *Anthracomya* und *Modiola* innerhalb einzelner Schichten des gesamten dortigen Obercarbons oft massenhaft zusammengehäuft ein. Gleiches gilt von dem Vorkommen von *Lingula*, *Discina* und *Aviculopecten* (Ebert). Altvulkanische Ergussgesteine fehlen im oberschlesischen Carbon.

Über die Gliederung und Parallelisierung des Carbons beider schlesischen Becken gewährt folgende Zusammenstellung einen Überblick:

		Niederschlesien	Oberschlesien
Ober-carbon	Oberes = Ottweiler Sch.)	Radowenzer Schichten Schwadowitzer Schichten (Ida-Stollner Flötzzug)	—
	Mittleres = Saarbrücker Sch.)	Schatzlarer Schichten = Hangendzug. Reichennersdorf-Hartauer Schichten	Karwiner Schichten (Schrauer, Nicolaier u. Rudaer Sch.)
	Unteres = Millstone Grit.)	Flötzleerer Sandstein Waldenburger Schichten (= Liegendzug).	Ostrauer = Rybniker Schichten, Flötzleerer Goloneger Sandstein.
Unter-carbon		Culm und Kohlenkalk	Culm u. Kohlenkalk

Im Inneren von Böhmen nimmt das productive Obercarbon an der Bildung einer Anzahl von in das Silur und die älteren krystallinen Gesteine eingesenkten Becken teil, so desjenigen von Kladno-Rakonitz, des von Pilsen, von Radnitz und Nirschan. Von der in denselben entwickelten kohlenführenden Schichtenreihe gehört jedoch nur der liegende Complex zum Carbon (Radnitzer Schichten), während die höheren Flöze und deren Zwischenmittel zum Rotliegenden (s. d.) zu rechnen sind. In Mähren besitzt der Culm eine große Verbreitung; aber nur westlich von Brünn bildet die productive Steinkohlenformation mit 3 Flötzen von 8—9 m Gesamtmächtigkeit einen schmalen, gegen 42 km langen Zug zwischen dem Syenit im Osten und Gneiß im Westen (Rossitz-Oslawaner Becken).

In den Ostalpen ist das Untercarbon als Culm und Kohlenkalk, das Obercarbon als Fusulinenkalk in Wechsellagerung mit Schiefern und Grauwacken, welche Landpflanzen führen, entwickelt*). In den centralen und westlichen Alpen hingegen ist nur das Obercarbon und zwar in terrestrer Facies zur Ablagerung gelangt. Obercarbon und Rotliegendes werden hier gewöhnlich durch einen als Verrucano bezeichneten Complex vertreten. Derselbe setzt sich zusammen aus Conglomeraten, Sandsteinen und z. T. kohligem Thonschiefern, welche aber meist dynamometamorphisch in Sericitschiefer, chloritische Schiefer, Sericitgneiße, Glimmerschiefer und Anthracitschiefer umgewandelt und denen Lager von Porphyrit, Melaphyr und Quarzporphyr eingeschaltet sind**).

In Russland nimmt die carbonische Formation, wenn auch zum großen Teile von Perm und Jura überlagert, einen ungeheuren Raum ein, indem sie in Form eines flachen, tellerartigen Beckens mehr als ein Drittel des europäischen Russlands zu unterteufen scheint. Der westliche Rand dieses Bassins tritt in einem Streifen zu Tage, welcher sich vom weißen Meere bis südlich von Moskau erstreckt, während sich sein östlicher Rand an den Ural anlegt. Die carbonische Formation ist hier fast ausschließlich als mariner Kohlenkalk zur Entwicklung gelangt, und zwar das Obercarbon als Fusulinenkalk zu oberst mit *Chonetes uralica* und *Spirifer supramosquensis* (Gshel-Stufe Nikitin's), darunter mit *Spirifer mosquensis* (Moskau-Stufe Nikitin's). Unter letzterer folgt das Subcarbon in Gestalt von Kohlenkalk mit *Prod. giganteus*, unter diesen kohlenführenden Schichten mit *Lepidodendren* und *Stigmarien* und endlich als unterstes Subcarbon wiederum ein mariner Kalk mit *Productus mesolobatus*. Die eigentliche obere, productive Kohlenformation ist auf verhältnismäßig beschränkterem Gebiete durch ein isoliertes Becken am Donetz vertreten, welches freilich 225 Flötze besitzen soll. Letztere wechsellagern nach V. v. Möller 6—8 mal mit Fusulinen- und *Productuskalken*.

Von den übrigen europäischen Territorien kann an dieser Stelle nur erwähnt werden, dass das Carbon in Italien nur in Toscana und auf Sardinien bekannt ist, wo es in Gestalt pflanzenführender, obercarbonischer Schiefer, Conglomerate und schwacher Flötze erscheint, — dass ferner die productive Steinkohlenformation in Frankreich nur sehr beschränkte Verbreitung besitzt (Anteil an der belgischen Mulde, ferner im Centralplateau die Mulde von St. Etienne, endlich die Becken von Autun und Creuzot), aber in ihren obersten Stufen bereits mehr den Charakter des deutschen Unterrotliegenden annimmt, — dass in Spanien und Portugal

*) F. Frech. Die Karnischen Alpen. Halle 1894. S. 302.

**) A. Rothpletz. Die Steinkohlenformat. am Tödi. Abh. d. schweiz. pal. Ges. VI. Zürich 1880. — L. Milch. Beitr. z. Kenntnis des Verrucano. Leipzig 1892.

der Culm ansehnlichere Ausdehnung erlangt, in Asturien aber auch das Obercarbon mit eingelagerten Fusulinenkalken vertreten ist, — dass endlich sowohl Kohlenkalk und Culm, wie productive Steinkohlenformation auf der Bären-Insel, auf Nowaja Semlja und auf Spitzbergen entdeckt worden sind*). In Asien sind carbonische Schichten am Altai und am Amur, Fusulinenkalke in Japan und China, obercarbonische Productuskalke in der Salt Range Indiens nachgewiesen. Enorm ist nach v. Richthofen die Verbreitung der productiven Kohlenformation in China. Finden sich in diesem Lande Kohlenlager auch noch im Rhät und im Jura, so gehören doch die mächtigsten und verbreitetsten Flötze der carbonischen Formation an. Allein das Carbonegebiet von SO-Shansi nimmt ein Areal von 634 deutschen □ Meilen ein und enthält überall ein 5—10 m mächtiges Hauptflözt von vorzüglichem Anthracit, sowie Eisenerzlager. In der Provinz Shantung sind zwischen die kohlenführenden Schichten Bänke von Kohlenkalk mit *Prod. semireticulatus* eingeschaltet**);

Am großartigsten auf der ganzen civilisierten Erdoberfläche ist die carbonische Formation in Nordamerika entwickelt. Sie breitet sich dort über sechs größere Territorien aus, welche freilich zum Teil durch spätere Schichtenstörungen und Auswaschungen in zahlreiche isolierte Partien zerrissen worden sind: 1. das große appalachische Kohlenfeld (s. Fig. 50 u. 307), welches sich an den Westabfall der Alleghanykette anlegt und sich über bedeutende Teile von Pennsylvanien, Ohio, Virginien, Kentucky, Tennessee und Alabama ausbreitet. Die von dem Hauptbecken abgetrennten und nahe seinem östlichen Rande in den centralen Landstrichen Pennsylvaniens auftretenden Mulden dieses Steinkohlengebirges führen ausschließlich Anthracit, die Hauptfelder nur bituminöse Kohle. Die abbauwürdige Steinkohle soll dort bei einer stellenweisen Gesamtmächtigkeit von etwa 40 m ein Areal von 2400 geogr. Quadratmeilen einnehmen. 2. Das Illinois- und Missouri-Kohlenfeld, etwa ebenso groß, wie das vorher erwähnte, gehört den Staaten Illinois, Indiana, Kentucky, Iowa, Missouri, Kansas und Arkansas an. 3. Das Kohlenfeld von Michigan, 200 Quadratmeilen groß. 4. Das Kohlenfeld des nördlichen Texas. 5. Das Kohlenfeld von Rhode-Island, etwa 34 Quadratmeilen groß. 6. Die Kohlenfelder von Nova Scotia und New-Brunswick, etwa 740 Quadratmeilen groß. An der Nordküste von Nova Scotia bei Pictou werden 4 Flötze abgebaut, welche 13, 8, 4 und 1,3 m Mächtigkeit haben; an der Westküste kennt man zwar 76 Steinkohlenflötze, von denen jedoch nur 7 abbauwürdig sind. Das

* O. Heer. *Flora fossilis arctica*. Bd. IV. Zürich 1877. — F. Toulia. N. Jahrb. 1875. S. 225. — Ders. Sitzb. d. k. k. Akad. d. Wiss. Wien I. 1873, 1874, 1875. — A. G. Nathorst. *Foss. Flora d. Polarländer*. I. 4. Stockholm 1894.

** F. v. Richthofen. *China*. Bd. II. Berlin 1882. Kap. 9. S. 399 u. f.

Carbon gliedert sich auf dem amerikanischen Continente wie in Europa in zwei Abteilungen. Höchst übersichtlich ist dort die verschiedenartige (terrestre und marine) Facies jeder dieser beiden letzteren zur Ausbildung gelangt. Das Subcarbon wird gebildet im Osten durch den Kohlen-Culm, bestehend aus Sandsteinen und Conglomeraten mit schwachen Kohlenflötzen und reichlichen *Lepidodendren*, local mit Kohlenkalkbänken. Weiter nach Westen schwellen letztere an, bis sich inmitten des Continentes das ganze Subcarbon aus unterem Kohlenkalk aufbaut. Dieser zeichnet sich durch seinen unübertroffenen Reichtum an Crinoideen, Blastoideen, rugosen Korallen und Brachiopoden aus und gliedert sich von unten nach oben in folgende Horizonte: a. Kinderhook-Gruppe mit viel *Productus semireticulatus*; b. Burlington-Kalk zum Teil fast ausschließlich aus Crinoideen-Resten bestehend; c. Keokuk- und Warsaw-Kalk mit *Archimedes reversa* (daher *Archimedes-Kalk*), viel rugosen Korallen, besonders *Zaphrentis*; d. St. Louis-Kalk mit *Melonites*, *Lithostroton*, *Productus*; e. Chester-Schiefer und Kaskaskia-Kalke, wiederum mit *Archimedes*, *Pentrematites*, *Poteriocrinus* und vielen anderen Crinoideen. Das Obercarbon besteht im Osten aus dem echten flötzreichen Kohlengebirge mit *Sigillarien*, *Calamiten* und Farnen, nebst vereinzelt zwischengelagerten Kalkbänken. Nach Westen zu nehmen letztere an Zahl und Mächtigkeit stetig zu, bilden sich zu *Fusulinenkalken* aus und drängen den steinkohlenführenden Sandsteincomplex ganz in den Hintergrund, bis sie endlich in den Rocky Mountains (Colorado) zur Alleinherrschaft gelangen, so dass hier Unter- und Obercarbon, sowie auch Perm (s. d.) ein einheitliches marines Kalksteinsystem bilden.

Die Bildung der Steinkohlenflötze. Da nicht nur die Schieferthone, welche die Steinkohlenflötze begleiten, mit Pflanzenresten angefüllt sind, sondern auch in der Kohle selbst die Form der Vegetabilien, aus denen sie hervorgegangen, zuweilen noch überliefert ist, da ferner in der Steinkohle, wie Göppert, Dawson, Bailey und namentlich Gümbel zeigten, die organische Textur der ihr zu Grunde liegenden Pflanzen durch und durch in erkennbaren Formen erhalten ist, so kann über den vegetabilischen Ursprung derselben ein Zweifel nicht obwalten. Aus eben diesen Beobachtungen ergibt sich ferner, dass nur Land- und Sumpfpflanzen, nie aber Seetange, einen Anteil an der Massenbildung der Steinkohle genommen haben. Obenan stehen die *Sigillarien* mit ihren Wurzelstöcken, den *Stigmarien*, in manchen Flötzen auch wohl Farnstrünke (*Caulopteris*), in solchen subcarbonischen Alters die *Lepidodendren*, an sie reihen sich die *Calamiten*, *Cordaiten* und untergeordnet Farnwedel. Generation folgte auf Generation — die absterbenden Pflanzen sanken zu Boden, ihre faulenden Reste häuften sich zu gewaltigen Pflanzenmassen an, um von Schlamm und Sand bedeckt die einzelnen Stadien des Verkohlungsprocesses (siehe S. 273) zu durchlaufen und sich allmählich zu Steinkohle und Anthracit umzugestalten.

Letzteres findet namentlich dort statt, wo der ursprüngliche Schichtenbau der carbonischen Formation bedeutende Störungen erlitten hat, so dass die sich bei dem Verkohlungsprocesse entwickelnden Gase leicht durch Risse entweichen konnten. Dies ist z. B. bei den Anthracit-Bassins von Pennsylvanien der Fall gewesen.

Die bei weitem vorwiegende Anzahl der Steinkohlenflötze wurde aus Pflanzen gebildet, welche an Ort und Stelle gewachsen waren, ist also autochthon. Dass dem so ist, geht, ganz abgesehen von der großen horizontalen Ausdehnung mancher Kohlenflötze (das Pittsburger Flötz soll ein Areal von 900 deutschen Quadratmeilen einnehmen), sowie von der Reinheit der Steinkohle, ferner abgesehen von der vollständigen Erhaltung des zartesten Details, z. B. der Farnwedel, namentlich daraus hervor, dass die Schieferthone, welche das Liegende der Flötze bilden (die Sohlschieferthone, underclay), außerordentlich häufig von Wurzelstöcken und Wurzeln von solchen Pflanzen erfüllt und durchwuchert sind, deren Stämme, Zweige und Blätter sich auf diesen Schieferthonen, der damaligen Erdoberfläche, zu einem Kohlenflötz aufgespeichert finden (Fig. 303). Die in diesen



Fig. 303. Profil an der Joggins-Küste von Nova Scotia. — Nach Dawson.

- 1 Sohlschiefer mit Stigmara-Wurzelfasern.
 - 2 grauer Sandstein mit aufrecht stehenden Sigillarien- und Calamiten-Stämmen.
 - 3 Kohlenflötz, 6 Zoll mächtig.
 - 4 Sohlschiefer mit Stigmara-Wurzelfasern.
- a und b Calamites.
c Stigmarien, zum Teil mit Wurzelfasern.
d hohler Sigillarienstunk, 3 m hoch, mit Dendropteris, Pupa (S. 464).

Wurzelthonen so häufigen Stigmarien werden sogar meist mit noch anhaftenden, wie zu Lebzeiten nach allen Richtungen ausstrahlenden Anhängen gefunden, so dass ein Zweifel darüber, dass sie an Ort und Stelle gewachsen, ausgeschlossen ist*). In einem Bohrloche bei Kattowitz in Oberschlesien wurden innerhalb eines 670 m mächtigen Schichtencomplexes 27 Horizonte derartiger Stigmariaschiefer constatiert, deren jeder das Liegende eines Steinkohlenflötzes bildet (Potonié l. c.). An den westlichen Gestaden von Nova Scotia, den Joggins, wiederholen sich innerhalb einer Schichtenreihe von 4700 m 76 solcher Wurzelhorizonte, deren jeder

*) H. Potonié. Autochthonie d. Kohlenflötze. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1895. S. 1.

von einer wenn auch schwachen Kohlenschicht bedeckt wird, ja in sehr vielen Fällen noch aufrecht stehende Sigillarien- und Calamiten-Strünke trägt. Dergleichen in ihrer ursprünglichen Stellung, zum Teil noch im Zusammenhange mit ihren Rhizomen und Wurzeln erhaltene Stämme kennt man vorzugsweise in dem Kohlenreviere von Saarbrücken, ferner in dem von St. Etienne (Fig. 304), von Lancashire, Staffordshire in England; an den

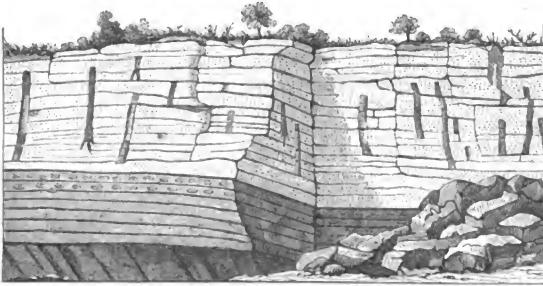


Fig. 304. Aufrechte Stämme im Kohlensandstein von St. Etienne in Frankreich.

Zu unterst Steinkohlenflöz, darüber Schieferthon mit Sphärosiderit-Nieren, — dann Kohlensandstein mit aufrechten Stämmen.

felsigen Ufern von Nova Scotia hat man 48 Horizonte mit aufrechten Stämmen über einander beobachtet. Die vielfältige Wiederholung solcher Landpflanzen führenden Horizonte und Steinkohlenflöze zwischen mächtigen Schichtenreihen von Sandsteinen und Schieferthonen und getrennt durch solche, oder gar durch Kohlenkalkbänke marinen Ursprungs, lassen sich kaum anders als durch Überflutungen erklären; aus jeder derselben ging ein System von Sand- und Schlamm-, zuweilen auch Kalkschichten hervor, jedem Stillstand entspricht das Emporwuchern einer Pflanzendecke auf dem neu angeschwemmten Grunde und die Entstehung eines Kohlenflötzes. Für derartige Vorgänge bieten die nordamerikanischen Waldmoore, »Swamps«, vielfache Analoga.

Wenn nun auch die autochthone Entstehung der Flöze in bei weitem den meisten Steinkohlengebieten zweifellos ist, so dürfte doch in manchen kleineren Becken die Bildung von Kohlenflötzen auch allochthon, d. h. durch Anhäufung fluvialil zusammengeschwemmter pflanzlicher Reste vor sich gegangen sein*). Für diese Thatsache spricht u. a. das häufige Vorkommen von plattgedrückten Bindenrohren, aus denen der Holzkörper entfernt (herausgeflößt) ist, die Seltenheit ganzer Stämme, die Mischung

*) C. Ochsénus. Zeitschr. d. D. geol. Ges. 1892. S. 84.

von gut erhaltenen Zweigstücken und Blütenständen mit vermoderten Fragmenten, die vielfach zu beobachtende getrennte Anhäufung von Hölzern, Blättern und Samen. Fayol und ähnlich auch Renault nehmen für solche Fälle und zwar zunächst für die Steinkohlenbecken des französischen Centralplateaus an, dass Ströme, welche große Massen von Geröll, Kies, Sand und Schlamm, sowie Stämme, Äste, Wedel und Blätter aus den Pflanzendickichten ihrer Entwässerungsgebiete mit sich führten, bei ihrem Eintritte in ruhige Seebecken das von ihnen transportierte Material in Form flacher Deltas abgesetzt hätten. In unmittelbarer Nähe der Flussmündungen wurden die groben Gerölle und Kies, weiter hinaus der feinere Schlamm und am weitesten entfernt die vegetabilischen Massen abgesetzt. Durch fortwährende Vergrößerung des Schuttkegels schob sich die Flussmündung immer weiter vor, die einzelnen Ablagerungszonen rückten immer weiter seewärts, die Kiese und Sande überschritten die an ihrem Fuße abgelagerte, randlich aber immer an Ausdehnung gewinnende pflanzliche Schicht, also das spätere Steinkohlenflöz.

Eruptivgesteine, Schichtenstörungen und Gangbildungen im Gebiete carbonischer Formationen. Die hauptsächlichsten Eruptivgesteine der carbonischen Periode sind Diabase, Porphyrite und Melaphyre, sowie Quarzporphyre, welche ganz ähnlich wie die des Devons im engsten Zusammenhange mit den Sedimenten jenes Zeitalters stehen, indem sie nicht selten durch Tuffe mit ihnen verknüpft sind. Der Schauplatz großartigster vulkanischer Eruptionen war Schottland im Beginne der Carbonzeit. An zahllosen Stellen in den Thälern und an den Küsten dieses Landes und der ihm westlich vorgelagerten Inseln, von Arran bis nach Edinburgh sieht man Diabase, Porphyrite und deren Tuffe in bis 600 m mächtigen Lagern und Complexen dem unteren Subcarbon eingeschaltet. Ähnliches wiederholt sich auch in anderen Teilen Britanniens, z. B. in Devonshire, ferner im Lahngebiete, im Oberharz (Lautenthal) sowie in der Umgegend von Bleiberg in Kärnten, wo subcarbonische Grauwacken, Sandsteine und Thonschiefer in der regelmäßigsten Weise mit Diabasgesteinen wechsellagern. Charakteristische Beispiele deckenförmiger basischer Eruptivergüsse im Obercarbon sind die Melaphyrlager der Steinkohlenformation von Zwickau, sowie der Mansfelder Gegend. Mit der Eruption der letzteren ging der Auswurf von schlackig-blasigen Bomben Hand in Hand, die jetzt local Lagen von Haufwerk oder isolierte Einsprenglinge in den dortigen obercarbonischen Sandsteinen bilden (Fig. 304 b), — Verhältnisse, welche auf das lebhafteste an gewisse Aufschlüsse am Fuße des Roderberg-Vulkanes oberhalb Bonn erinnern, wo in ganz analoger Weise Bomben und Lapilli von recenter Lava zwischen geschichtetem Rheinsande und -kies auftreten.

Eruptionen von Quarzporphyr haben in Deutschland während des

Obercarbons, z. B. in dem Kohlenbassin von Flöha in Sachsen, stattgefunden. Hier durchsetzte er die unteren Schichten des Steinkohlengebirges, breitete sich darüber in etwa 60 m Mächtigkeit aus und wurde dann wiederum von jungcarbonischen Sandsteinen, Schiefen und dünnen Kohlenflötzen überlagert, so dass er jetzt als vollkommen gleichförmige Einschaltung zwischen beiden erscheint. Obercarbonischen Alters sind auch die Granitstücke des Erzgebirges, Ostthüringens, des Fichtelgebirges und des Harzes (s. S. 297 u. f. und 448), welche local noch den Culm metamorphosiert haben, während die Conglomerate des Rotliegenden Rollstücke der Granite und ihrer Contactgesteine umfassen.

In die Mitte und gegen den Schluss der Carbonzeit fiel der Hauptact einer Auffaltung der archaischen und paläozoischen Schichten zu jenen Gebirgen, als deren seitdem durch Denudation und erneute Dislocationen erniedrigte und umgestaltete Ruinen die jetzigen centraleuropäischen Mittel- und Rumpfgebirge (s. S. 176) übrig geblieben sind. Hierher gehören die Ardennen, das rheinische Schiefergebirge, der Taunus, die Vogesen, der Schwarzwald, der Odenwald, das Fichtelgebirge, der Frankenwald, das Erzgebirge und das Riesengebirge, welche die Reste des ursprünglich ziemlich einheitlichen variscischen Gebirgszuges (Sueß) repräsentieren. Von einem zweiten, mehr westlich gelegenen Faltengebirge ebenfalls jung carbonischen Alters (dem armorikanischen Gebirgszuge) legen die Rumpfschollen im westlichen und nordöstlichen Frankreich, in Belgien und Südengland Zeugnis ab.

Mit diesem gebirgsbildenden Schub steht zunächst die Erscheinung in ursächlichem Zusammenhange, dass das productive Steinkohlengebirge an weit von einander entfernten Stellen discordant auf dem bereits steil aufgerichteten Subcarbon auflagert (so in Schlesien, in Sachsen, in den Ostalpen, in Südfrankreich, in Spanien), — während anderwärts auch die Schichten der oberen Steinkohlenformation noch von dem Zusammenschub ergriffen, gefaltet, geknickt, verworfen und von Überschiebungen betroffen worden sein können. Einige instructive Beispiele derartiger Dislocationen mögen durch die folgenden Profile vor Augen geführt werden. Fig. 305 zeigt die steil zusammengefaltete Inde- und Burtscheider Mulde sowie den Südfügel der vom Devon überschobenen und zwar zickzackförmig gefalteten Worm-Mulde der Gegend von Aachen. Fig. 306 veranschaulicht die ebenfalls zickzackförmige Knickung des steil aufgerichteten Südfüßels der Mulde

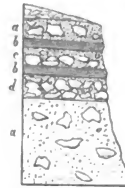


Fig. 304b. Profil zwischen Rödechen und Leimbach unweit Mansfeld. (H. Cred.)

a Rotbrauner, lockerer Sandstein mit einzelnen Melaphyranwürfeln. — b Dünngeschichteter Sandstein ohne solche. — c Sandstein mit viel Bomben. — d Haufwerk von Auswürflingen; zusammen etwa 10 m mächtig.



Fig. 305. Profil durch die Inde-Mulde, die Burtscheider Mulde und den Südflügel der Worm-Mulde bei Aachen. Nach Holzappel.

a = Cambrium; $b-c$ = Devon; f = Kohlenkalk; g = productive Steinkohlenformation; u = Überschiebung.

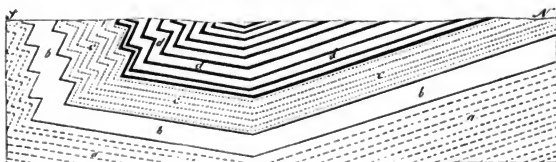


Fig. 306. Ideales Profil der Mulde von Mons.

a Devonische Formation. b Kohlenkalk. c Flötleerer Sandstein. d Productive Kohlenformation.

von Mons in Belgien. Analoge Dislocationerscheinungen wiederholen sich in Westfalen.

Ganz ähnliche Schichtenstörungen machten sich im Osten Nordamerikas am Ende der carbonischen Periode geltend. Durch seitlichen Druck wurden hier die carbonischen und sämtliche altpaläozoischen Schichtencomplexe zu lauter unter sich und der heutigen atlantischen Küste parallelen Falten zusammengeschoben, deren Steilheit und Höhe im Osten, also im eigentlichen Alleghany-Systeme ihr Maximum erreicht, nach Westen zu aber abnimmt und zwar so, dass sie proportional ihrer Entfernung vom atlantischen Oceane flacher werden (siehe Fig. 50, S. 174 und Fig. 307).

Sehr häufig sind Verwerfungen mit derartigen Faltungen verknüpft, stellen sich aber auch in sonst wenig dislocierten Steinkohlengebieten ein. Bei geringer Sprunghöhe äußern diese Verwerfungen nur einen untergeordneten Einfluss auf die Lagerungsverhältnisse (Fig. 308). Zuweilen aber wiederholen sie sich in kleinen Zwischenräumen in so großer Anzahl, dass eine vollständige Zerstückelung des Kohlengebirges eingetreten ist, welches dann aus regellos durch einander geschobenen Gebirgsschollen besteht (Fig. 309). Andererseits erreichen manche derartige Dislocationen so großartige Dimensionen, dass die Verschiebung der durch die Verwerfung getrennten Flügel mehrere Hundert Meter beträgt. So hat die unter dem Namen Münstergewand bekannte Verwerfung die Schichten eines Teiles der Eschweiler Mulde über 250 m, die Oberhöndorfer Hauptverwerfung einen Flügel des Zwickauer Carbons um 450 m in die Tiefe gerückt; die

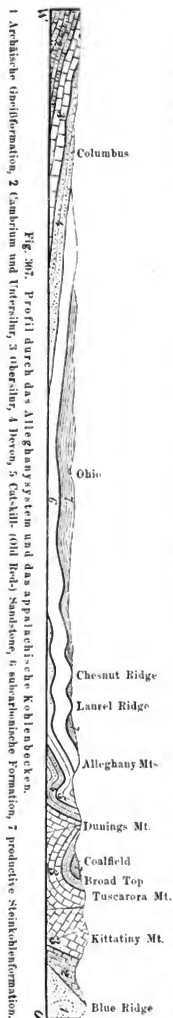


Fig. 307. Profil durch das Alleghany-System und das appalachische Kohlenbecken.

»Sutan« genannte Verwerfung in der Ruhrgegend bewirkt einen Sprung von 200 m; auf dem Ninety-fathomdyke, einer mit Sandsteinmasse ausgefüllten Kluft, ist der nördliche Teil der Kohlenformation von Newcastle über 330 m in die Tiefe gesunken, so dass Zechstein in der Fortsetzung der Kohlenflötze liegt. Noch bedeutendere Dimensionen er-

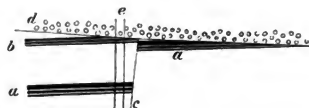


Fig. 305. Verworfenne Steinkohlenflötze. Helene-Schacht bei Lugau in Sachsen. Nach Sievert.
a u. b Flötze. — c Verwerfung. — d Mittelrotliegendes discordant auf dem verworfenen und denudierten Obercarbon. — e Helene-Schacht.
Maßstab 1:2000.

reichen die Verwerfungen, welche den Westabfall der Alleghanies in Nordamerika begleiten, so z. B. in Süd-West-Virginien, von wo Sprünge von 2 bis 3000 m beschrieben sind und der Kohlenkalk in das Niveau des Untersilurs gerückt worden ist. Zuweilen hat auf derartigen Verwerfungsspalten eine vollständige Überschiebung älterer über jüngere

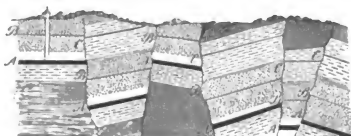


Fig. 309. Profil im Kohlenrevier von Aukland in Durham.
A, B, C Kohlenflötze.

Schichtenkomplexe stattgefunden, so ist in dem belgisch-nordfranzösischen Kohlenbecken das Silur, Devon und Subcarbon auf einer sanft nach S fallenden Zerreißungsfläche, die sich bereits von Aachen aus über Lüttich bis Boulogne verfolgen lässt, über das Obercarbon hinaufgeschoben worden (siehe Fig. 127, S. 332).

Waren in den eben angeführten Beispielen Verwerfungen der carbonischen Schichtensysteme die Ursache eines zum Teil außerordentlich schwierigen Abbaues der Steinkohle, schädigten also den Mineralreichtum eines Landes, so haben andere, auch das Carbon durchsetzende und verwerfende Spalten Gelegenheit zur Entstehung gangförmiger Erzlagerrstätten gegeben und damit Objecte so großartiger bergbaulicher Unternehmungen geschaffen, wie es z. B. die Bleiglanzgänge des Clausthales Ganggebietes im Oberharze sind*). Zur Zeit des Obercarbons wurden die Devon- und Culmschichten des jetzigen Oberharzes zu einem ost-westlich streichenden Sattel aufgewölbt, der sich aus einer größeren Zahl paralleler, mehr oder minder eng zusammengeschobener Falten und öfters überkippter und zuweilen überschobener Einzelsättel, diese mit Faltenverwerfungen (Ruscheln) aufbaute. Dieses System wurde später von unzähligen, annähernd parallelen Verwerfungsspalten durchsetzt, welche dasselbe in lauter treppenförmig gegen S absteigende Stufen zerlegten. Eine Anzahl dieser Spalten sind durch Absätze aus Mineralquellen zu Erzgängen umgestaltet worden und repräsentieren jetzt das Gangsystem des Oberharzes, speciell des Clausthales Districtes. Derselbe umfasst außer der nächsten Umgebung Clausthals die Gegend von Grund, Wildemann, Lautenthal, Bockswiese und Schönenberg. Die in ihm aufsetzenden Gänge sind zusammengesetzte Gänge. Nur ihr Liegendes ist durch ein scharfes Salband ausgezeichnet, nach dem Hangenden zu sind sie durch weitgehende Zertrümmerung des Nebengesteines mit letzterem geradezu verwoben, so dass die Gänge mit Einschluss dieser ihrer Trümmerzonen 30 bis 40 m Mächtigkeit erreichen können. Die Gänge selbst treten in dem Clausthale Plateau zu 10 Zügen zusammengruppiert auf, von welchen der Burgstädter, Zellerfelder, Rosenhöfer und Silbernaaler Zug direct um und unter Clausthal und Zellerfeld, die sechs übrigen etwas weiter entfernt liegen. Die in diesen Gängen vorherrschenden Erze sind silberreicher Bleiglanz und Zinkblende (daneben Kupferkies und Schwefelkies, seltener Fahlerz und Bournonit), die sie begleitenden tauben Gangminerale Quarz, Kalkspat und Schwefspat; Fragmente des Nebengesteines, also von Grauwacke und zerquetschtem Thonschiefer (Gangthonschiefer) sind sehr häufig und geben dann oft Veranlassung zur Ausbildung von Cocardenstructur (Fig. 450 S. 347). Innerhalb der Gangkörper concentrieren sich die Erze gewöhnlich zu Erzmitteln oder Erzfüllen. In

*) A. v. Groddeck. Über die Erzgänge d. nw. Oberharzes. Z. d. D. geol. Ges. 1866. S. 693. — Z. f. Berg-, Hutt.- u. Sal.-Wesen. Bd. XXI. Taf. 4 u. 2. S. 1. — F. Klockmann. Z. d. D. geol. Ges. 1893. S. 253. — Ders. Z. f. prakt. Geol. 1893. S. 466. — Ders. in: Berg- u. Hüttenwesen des Oberharzes. Stuttgart 1895. S. 4—64.

der Regel wurden die Gangspalten zur Ursache großartiger Verwerfungen, wie z. B. bei dem Grünlindener Gang und dem Hauptgang von Bockswiese (s. Fig. 310). Hier wird das Liegende dieser Gänge zu oberst von Kramenzelkalk, darunter von Calceola-Schiefen und unter diesen von Spiriferensandstein, also von Devon, — ihr Hangendes von Culm mit Posid. Becheri und unterhalb dieses von Kramenzelkalk, also Oberdevon gebildet. Die Höhe dieser Verwerfung beträgt mehr als 2000 m. Die Bildung der Clausthaler Erzgänge fällt wesentlich in die Zeit des Obercarbons, hat sich aber durch das Perm hindurch fortgesetzt, auch haben sich Neubildungen von Spalten sowie Wiederaufreißungen der alten Gänge selbst noch bis in die jüngsten Perioden wiederholt.

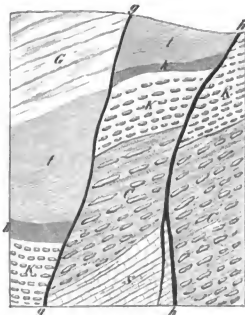


Fig. 310. Profil durch den Johann-Friedrich-Schacht bei Bockswiese. Nach r. Graddeck.

h Bockswieser Hauptgang. — *g* Grünlindener Gang. — *N* Spiriferensandstein. — *C* Calceolaschiefer und Goslärer Schiefer. — *K* Kramenzelkalk. — *k* Culmkiesel-schiefer. — *l* Culmthonschiefer. — *G* Culmgrauwacke.

Auch die berühmten, ihrer Natur nach freilich von den Clausthaler weit verschiedenen Zink- und Bleiglanzlagerstätten der Gegend von Aachen setzen zum größten Teile in carbonischen Schichten auf. Die Hügelreihe jenes Districtes besteht aus devonischen Schiefen und Kalksteinen, Kohlenkalk, oberer Kohlenformation und Kreide. Die paläozoischen Schichtensysteme sind sattel- und muldenförmig, z. T. saiger, ja überkippt gestellt (vergl. Fig. 305, S. 482), während die Kreide ziemlich horizontal darüber liegt. Die dort auftretenden Erze sind Zinkblende, Bleiglanz und Schwefelkies mit Kalkspat und Quarz vergesellschaftet, oft in schaliger Anordnung. Gegen ihr Ausgehendes hin sind sie in Galmei, Weißbleierz, Brauneisenerz umgewandelt. Sie bilden 1. Gänge im Kohlenkalk, 2. Contactlager zwischen Kohlenkalk und den darüber liegenden carbonischen Schiefen, sowie zwischen ersterem und den devonischen Gesteinen, 3. isolierte Nester im Kohlenkalk und Devon, 4. lagerförmige Imprägnationen gewisser carbonischer Schiefer und devonischer Kalksteine. Ganz ähnlich sind die Verhältnisse der Zinkerzlagerstätten des angrenzenden Belgiens.

Zum Schlusse möge noch ein ganz eigentümliches Gangvorkommen an dieser Stelle Erwähnung finden. Der nördliche Teil der englischen Provinz New-Brunswick in Nordamerika besteht zum Teil aus bituminösen, intensiv riechenden, schwarzbraunen, an der Luft bleichenden, dünnblättrigen

Schiefern der subcarbonischen Formation, welche zahlreiche Reste von Ganoidfischen führen. Diese Schichtenreihe wird von einem Asphalt-

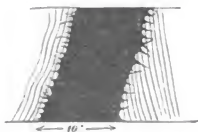


Fig. 311. Asphaltgang in der Albert-Mine in New-Brunswick. Nach Dawson.

gange (Fig. 311) durchsetzt, dessen Mächtigkeit zwischen 4 und 6 m schwankt und der durchweg aus reinem glänzenden Asphalt mit ausgezeichnet muscheligen Bruche besteht, den man dort nach der ihn abbauenden Albert-Mine Albertit nennt. Hier und da umschließt derselbe einige Fragmente des Nebengesteines, fast überall aber dringt er in Form kleiner Adern und Trümer in die Klüfte und Spalten der benachbarten Schiefer und bildet eine

große Anzahl von Nebentrümmern. Dieser Gang war augenscheinlich ursprünglich eine Spalte, die sich mit aus dem bituminösen Nebengestein stammendem Petroleum anfüllte, welches durch Verlust der flüchtigen Kohlenwasserstoffgase und durch teilweise Oxydation verdickt und in Asphalt umgewandelt wurde.



Fig. 312. *Glossopteris indica* Feistm.

Die Glossopteris-Facies und die Eiszeit des Obercarbons*).

In der Umgebung des indischen Oceans, nämlich in Südastralien, Südafrika und Indien sind in enormer Verbreitung mächtige kohlen- und pflanzenführende Schichtensysteme entwickelt, welche sich durch den einheitlichen Typus ihrer Floren als zu einem ursprünglich zusammenhängenden Ablagerungsgebiete gehörig erweisen und in ungestörter, ziemlich schwebender Lagerung und in beinahe continuierlicher Reihe eine fast ausschließlich terrestrische Facies des Carbons, des Perms und der Trias vorstellen. In Australien und Südafrika beginnen dieselben mit Schichten, welche *Lepidodendron* und z. T. auch *Sigillaria* und *Stigmaria* enthalten und den europäischen Culm repräsentieren. Auf sie, in Indien discordant auf das Urgebirge, folgt nun ein mächtiges, z. T. flötzreiches System (s. umstehende Tabelle), das trotz des durchaus abweichenden Habitus seiner Flora eine Äquivalentbildung des Obercarbons der nördlichen Hemisphäre ist.

*) W. Waagen. Die carbone Eiszeit. Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. 1887. S. 143. — O. Feistmantel. Die pflanzen- u. kohlenführend. Schichten in Indien, Afrika etc. Sitzber. d. k. böhm. Ges. d. Wiss. 1887. — Ders. ebend. 1888. S. 584. — A. Schenck, Glacialerscheinungen in Südafrika. Verh. d. deut. Geogr.-Tages. Berlin 1889. S. 143. — F. Noetling. Glacialen in d. Salt-Range. N. Jahrb. 1896. II. S. 64.

Ihr auffallendes Gepräge erhalten diese Floren dadurch, dass in ihnen, trotzdem sie in Australien und Indien in Vergesellschaftung mit typischen Kohlenkalken auftreten, doch die charakteristischen Pflanzen der Steinkohlenformation, also *Sigillaria*, *Lepidodendron*, *Asterophyllum*, *Annularia* u. s. w. fast sämtlich fehlen, dass diese vielmehr bereits mesozoischen Formen Platz gemacht haben. Unter letzteren sind vor allen zwei Farn-gattungen, *Glossopteris* (Fig. 342) und *Gangamopteris* als die verbreitetsten, dann *Sagenopteris*, *Voltzia*, *Noeggerathiopsis*, *Pterophyllum*, *Schizoneura*, *Phyllothea* und *Vertebraria* hervorzuheben.

Südaustralien.		Indien.	Afrika.
Perm	Hawkesbury-Schichten	Obere Gondwana-Formation: Panchet-Schichten	Obere Karoo-Formation: Beaufort-Schichten
Glossopteris-Facies des Ober-Carbons	Newcastle-Steinkohlenformation und Stony-Creek-Schichten mit <i>Glossopteris</i> , wechselnd mit marinen Carbonkalken	Untere Gondwana-Formation: Damuda-Kohlenformation Kaharbari-Schichten. In d. Salt-Range unterer Productuskalk.	Untere Karoo-Formation: Ekka-Schichten Kinberley-Schiefer
	glacial Bacchus Marsh-Conglomerat	Talchir-Conglomerat	Dwyka-Conglomerat und Vaal-Conglomerat.
Untercarbon	Lepidodendron-schichten	—	Lepidodendron-schichten

Das Verschwinden der echt carbonischen Flora und das Auftreten dieser neuen Pflanzenvergesellschaftung von mesozoischem Typus steht in jedem der oben bezeichneten Areale in Verknüpfung mit gewissen auffallenden Erscheinungen, welche man als Spuren einer carbonen Eiszeit der südlichen Hemisphäre gedeutet hat. Dieselben offenbaren sich im Auftreten grundmoränenartiger Conglomerate an der Basis des *Glossopteris*-Systems (siehe obige Tabelle). In der mergeligen und sandsteinartigen Grundmasse derselben liegen wirr und ordnungslos große und kleine Geschiebe zerstreut, die ziemlich häufig poliert, gekritzelt und geschrämmt erscheinen, wodurch diese Conglomerate eine große Ähnlichkeit mit dem norddeutschen Geschiebelehm gewinnen. In Indien und Südafrika ist der Untergrund derselben local glatt geschliffen und geschrämmt (siehe S. 257).

Die permische Formation.

Unter permischer Formation begreifen wir denjenigen Schichtencomplex, dessen Ablagerung unmittelbar auf die Steinkohlenformation gefolgt und der Triasformation vorausgegangen ist, so dass sich seine unteren Niveaus nicht selten auf das innigste an erstere, seine oberen Horizonte eng an letztere anschließen.

Die Permformation ist ähnlich wie ihr Vorläufer, das Carbon, innerhalb ihres weiten Verbreitungsgebietes in zwiefacher Facies zur Ablagerung gelangt, nämlich entweder als Absatzproduct von Flüssen und Binnengewässern auf dem Festlande, sowie als solches der angrenzenden Flachsee und austrocknender Meeresbuchten, — oder aber als dasjenige des offenen Oceans, besitzt also im ersten Falle eine fluviatile, limnische und litorale, im zweiten eine pelagische Facies.

Die erstere, die Binnenfacies der postcarbonischen Formation, baut sich demnach einerseits aus Conglomeraten, Sandsteinen und Letten mit den Resten von landbewohnenden Tieren und Pflanzen, anderseits aus Kalksteinen und Dolomiten mit solchen einer verarmten Flachseefauna, sowie aus Gyps und Steinsalz, den Producten der Verdunstung abgeschlossener Meeresbuchten auf und ist nach dieser in manchen ihrer Gebiete entwickelten Zweigliederung als *Dyas* bezeichnet worden. Ihre pelagische Facies hingegen ist an die Areale des marinen Carbons, des Kohlenkalkes, gebunden, bildet dessen ungestörte, directe Folge und besteht deshalb ebenfalls wesentlich aus Kalksteinen mit der formenreichen Fauna des offenen Meeres.

Bei dem Verfolge der permischen Ablagerungen gehen wir von deren in Deutschland ausschließlich vertretenen, hier zuerst bekannt gewordenen typischen Binnenfacies, der deutschen *Dyas* aus. Ihr schließen sich als analoge Gebilde die permischen Ablagerungen Englands, Frankreichs, der südtiroler Alpen, Centralrusslands und des östlichen Nordamerika an.

A. Die Binnenfacies des Perm.

Die *Dyas* Deutschlands.

Allgemeine Litteratur über die deutsche *Dyas*.

- J. C. Freiesleben. Geogn. Beitrag zur Kenntniss des Kupferschiefergebirges. 4 B. Freiberg 1807—1815.
 E. F. Germar. Die Versteinerungen des Mansfelder Kupferschiefers. Halle 1840.
 H. R. Göppert. Die fossile Flora der permischen Formation. Kassel 1854.
 H. B. Geinitz. *Dyas* oder die Zechsteinformation und das Rotliegende. Leipzig 1864; Nachträge z. *Dyas*. I. 1880. II 1882. III. 1884.

Die deutsche, zwischen die productive Kohlenformation und die untere Trias eingeschaltete Schichtenreihe gliedert sich in zwei petrographisch und paläontologisch scharf geschiedene Abteilungen, eine untere, terrestre Conglomerat-Sandstein-Formation mit den Resten einer Landflora und -fauna, das Rotliegende, und eine obere Kalkstein-Dolomit-Gyps-Formation mit den Resten der verarmten Fauna flacher, eintrocknender Meeresbuchten, die Zechstein-Gruppe.

1. Das Rotliegende.

Petrographischer Charakter. Das Rotliegende ist eine durchschnittlich 500 m, stellenweise, z. B. in Bayern, mehr als 2000 m mächtige Schichtenfolge von Conglomeraten, Sandsteinen und Schieferletten. Die Conglomerate bestehen aus nuss- bis kopfgroßen Geschieben und Geröllen aller möglichen älteren Gesteine, so von Granit, Diabas, Diorit, Gneiß, Glimmerschiefer, Thonschiefer, Quarzit, Kieselschiefer u. s. w. Zu ihnen gesellen sich namentlich in dem oberen Rotliegenden Geschiebe von Porphyren und von Melaphyr, welche von nur wenig älteren Ergüssen dieser Eruptivgesteine abstammen. Alle diese Rollstücke werden durch ein quarziges, thoniges oder sandsteinartiges, selten kalkiges Bindemittel, welches in den meisten Fällen eine höchst charakteristische, durch Eisenoxyd bewirkte rote Färbung besitzt, mehr oder weniger fest zusammengehalten. Diese Conglomerate bilden zum Teil sehr mächtige Schichten, von denen grob- und feinkörnige mit einander abwechseln. Die Sandsteine sind meist aus eckigkantigen Körnern von Quarz, zuweilen (bei den Arkosen) auch solchen von Feldspat oder Kaolin und einem gewöhnlich thonigen, seltener kalkigen oder kaolinigen Bindemittel zusammengesetzt. Rote und rötlichbraune Farben herrschen vor, grüne und graue Färbung ist jedoch nicht ausgeschlossen. Die oberste Zone der Sandsteine und Conglomerate des Rotliegenden ist z. B. im Mansfeldischen, in Hessen und Thüringen durch Auslaugung entfärbt, hat eine weiße oder graue Farbe angenommen und ist deshalb Weißliegendes oder Grauliegendes genannt worden. Der Schieferletten oder Rötelschiefer, ein blut- bis bräunlichroter, sehr eisenoxydreicher Schieferthon, tritt in oft mächtigen Zwischenlagerungen zwischen den Conglomeraten und Sandsteinen auf. Kalksteine und zwar zum Teil dolomitische Kalksteine erscheinen nur sehr untergeordnet in der Schichtenreihe des Rotliegenden, bilden meist flach linsenförmige Einlagerungen, selten langanhaltende Bänke und sind zum Teil versteinерungs-führend (Stegocephalen im Plauen'schen Grund bei Dresden und vom Ölberg bei Braunau in Böhmen). Letzteres ist auch bei den bituminösen Schieferthonen (Brandschiefern) der Fall, welche z. B. bei Weißig, Oschatz und Chemnitz in Sachsen, bei Oberhof in Thüringen, bei Hohenelbe in Böhmen u. a. O. im Rotliegenden flötzartige Lager bilden. Da sich die Ablagerung der unteren Dyas direct an die Bildung der productiven Kohlen-

formation anschließt, so kann es nicht auffallen, dass auch die unteren Horizonte des Rotliegenden Steinkohlenflötze führen, welche jedoch bei weitem nicht die Mächtigkeit, Zahl und Bedeutung derjenigen des carbonischen Zeitalters besitzen. Solche kohlenführende Schichtenreihen sind die des Unterrotliegenden im Saar-Rheingebiete, im Döhlener Becken bei Dresden, in den Kladno-Pilsener Becken in Böhmen, ferner diejenigen bei Crock im Thüringer Walde, bei Stockheim in Bayern (Fig. 313), bei Grüna

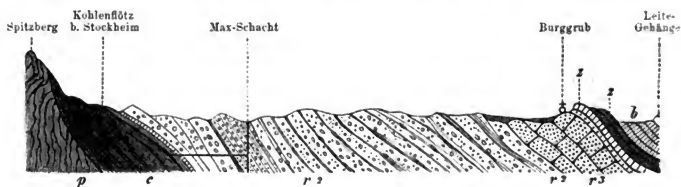


Fig. 313. Profil durch das Rotliegende und die Zechsteinformation von Stockheim am Frankenwalde. Nach *Gumbel*, geogn. Beschr. des Fichtelgebirges. Gotha 1879. S. 555.
 p. Culm. — c. unteres Rotliegendes mit dem Stockheimer Kohlenflötz. — r₁ mittleres Rotliegendes. — r₂ oberes Rotliegendes. — z. Zechstein. — b. Lederschiefer und Sandsteine des unteren Buntsandsteines.

und Chemnitz in Sachsen, bei Manebach im Thüringer Walde, sowie das von Meisdorf und Opperde am nördlichen und auch wohl dasjenige von Ilfeld am südlichen Harzrande. Endlich umschließen die Schieferthone und Letten des unteren Rotliegenden z. B. bei Lebach im Saargebiete versteinungsreiche Nieren von thonigem Sphärosiderit in solcher Menge, dass dieselben als Eisenerz ausgebeutet werden. Auch Kupfererze (Malachit, Lasur, Kupferkies, Buntkupfererz) treten in dem Rotliegenden und zwar in Form von Imprägnationen namentlich bei Sangerhausen, als Sanderze im Weißliegenden, ferner an zahlreichen Stellen des nördlichen Böhmens auf, wo sie z. B. bei Böhmischesbrod, Hohenelbe und Radowenz in bestimmten Sandsteinzonen concentrirt sind und Calamiten-Steinkerne imprägnieren und incrustieren.

Paläontologischer Charakter. Die verhältnismäßig formenarme Fauna und Flora des Rotliegenden hat sich einen ausgesprochen paläozoischen Charakter bewahrt, schließt sich auf das engste an jene des carbonischen Zeitalters an und repräsentiert gewissermaßen die letzten Reste und Nachzügler der dahinschwindenden paläozoischen organischen Welt. Die Flora des Rotliegenden besteht aus cycadeenähnlichen Pflanzen, Coniferen und Calamiten, namentlich aber Farnen. Unter diesen sind die Geschlechter *Calamites* (mit dem charakteristischen *C. gigas* Brongn.), *Annularia* (*A. stellata*), *Asterophyllites* (*A. radiiformis*), *Sphenopteris* (*S. germanica*), *Neuropteris*, *Callipteris* (*C. conferta*, Fig. 314, *C. Naumanni*), *Callipteridium* (*C. gigas*), *Taeniopteris* (*T. multinervis*, *T. abnormis*), *Ale-*

thopteris, *Odontopteris* durch ziemlich zahlreiche Arten vertreten, auch die Gattung *Pecopteris* (*P. arborescens* Brongn.) ist weit verbreitet. Dagegen sind *Lepidodendron*, *Sigillaria* und *Stigmaria*, so massenhaft in der carbonischen Periode, nur noch durch einige wenige seltene Arten vertreten. Auch *Sphenophyllum* kommt noch vor. Die Stämme der baumartigen Farne dieses Zeitalters sind z. T. durch Verkieselung in großer Schönheit erhalten. Hierher gehören *Psaronius* (Fig. 315) und *Tubicaulis*.



Fig. 311.
Callipteris conferta Brongn.

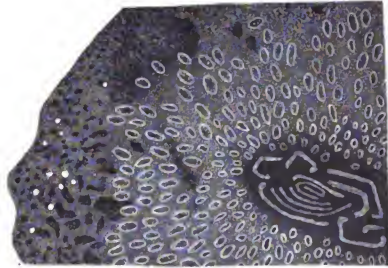


Fig. 315. *Psaronius Cottai* Corda.
Querschnitt eines Stammstückes mit bandförmigen Gefäßbündeln, umgeben von einer Schicht von Nebenwurzeln.

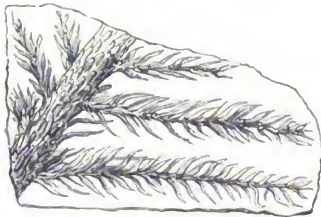


Fig. 316. *Walchia piniformis* Schloth.

Neben diesen Farnstrünken finden sich auch verkieselte Cordaiten- und Coniferen-Stammstücke von bis über einen Meter Durchmesser. Namentlich sind die Gegenden von Flöha, Chemnitz in Sachsen, von Radowenz in Böhmen und der Kyffhäuser reich an solchen verkieselten Stämmen (*Araucarioxylon*). Eine große Bedeutung erlangen durch ihre Häufigkeit und Verbreitung die Zweige einer Conifere *Walchia* (Fig. 316) (*W. filiciformis* Schloth. sp. — *W. piniformis* Schloth. sp.) mit pfriemenförmigen, gekielten Blättern.

Die cycadeenähnlichen Pflanzen sind durch die Gattungen *Pterophyllum* und *Medullosa* (*M. stellata*), die Cordaiten durch mehrere häufige und weitverbreitete Arten von *Cordaite*s und *Cordiaoxylon* vertreten.

Die Fauna des Rotliegenden beschränkt sich naturgemäß auf Bewohner des Landes und des Süßwassers. Als solches sind zu nennen von Muscheln: *Anthracosia*, von Insekten*) die Reste von Schaben (*Blattina*



Fig. 317. *Archegosaurus Decheni* Goldf.
a Querschnitt durch einen Zahn, vergrößert.

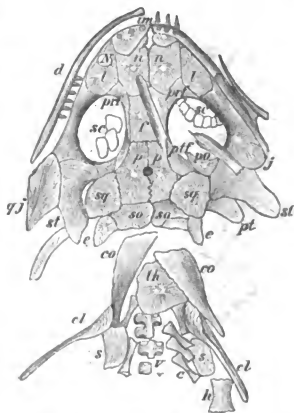


Fig. 318. *Pelosaurus laticeps* Credner.
d Unterkiefer, im Intermaxillaria, n Nasalia, l Lacrimalia, prf Praefrontalia, f Frontalia, p Parietalia, ptf Postfrontalia, po Postorbitalia, qj Quadratojugal, j Jugalia, st Supratemporalia, sq Squamosa, so Supraoccipitalia, e Epitotica, sc Scleralring. — th Episternum, co Claviculae, cl Scapulae, s Coracoiden, h Humerus. — r Wirbel, e Rippen.

und *Etoblattina*; Weißig), cyprisartige Schalenkrebse (*Estheria*), namentlich aber von Fischen die heteroceraleen, kleinschuppigen Ganoiden, vertreten durch *Palaconiscus* (*vratislaviensis* F. Röm.), *Amblypterus* (*macropterus* Ag.) und *Acanthodes* (*gracilis* F. Röm.), ferner Süßwasser-

* E. Geinitz. N. Jahrb. 1873. S. 691. u. 1875. S. 1., sowie Nov. act. Leop. Carol. Bd. XLI. Pars II. 1880.

haie (*Xenacanthus Decheni* Beyr.), sowie *Dipnoier* (*Ctenodus obliquus* Fritsch, dem lebenden *Ceratodus* nahestehend).

Eine große Entfaltung erlangen die *Stegocephalen* oder *Schuppenlurche* im mittleren Rotliegenden Deutschlands, welche sich durch ihre

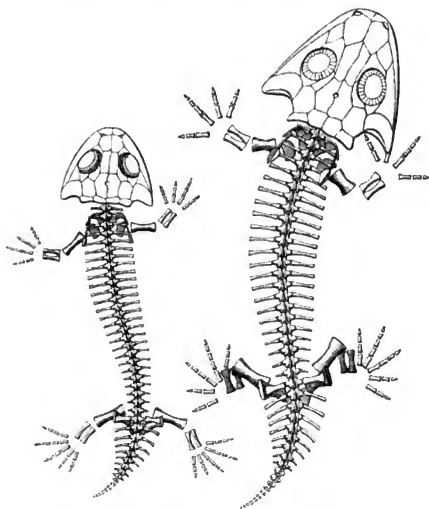


Fig. 319.

Fig. 320.

Fig. 319. *Branchiosaurus sublyptomus* Cred. (restauriert).

Fig. 320. *Pelosaurus laticeps* Cred. (restauriert; vergl. Fig. 318).

bereits sehr weit gediehene Differenzierung in zahlreiche Gruppen und Gattungen und den auf solche Weise erzeugten Formenreichtum kundgibt. Manche Arten und zwar vorzüglich deren kiementragende Larven sind local in erstaunlicher Anzahl der Individuen vergesellschaftet. Hierher gehört das Vorkommen von *Archegosaurus Decheni* Goldf. (Fig. 317) und *A. latirostris* Jord. in den Sphärosiderit-Nieren der Lebacher Schichten des Saarbeckens*), — dasjenige von *Branchiosaurus (Protriton) petrolei*

*) H. v. Meyer. Reptilien d. Steinkohlenformation etc. Palaeontograph. 1857. Bd. VI.

Gaudry im Mittel-Rotliegenden von Manebach, Oberhof (K. v. Fritsch) und Friedrichroda (E. Weiß) im Thüringer Walde, — endlich dasjenige von *Branchiosaurus amblystomus* Cred. (Fig. 349), *Pelosaurus laticeps* Cred. (Fig. 348 u. 320), *Archegos. Decheni* Goldf. (Fig. 347), *Melanerpeton pulcherrimum* A. Fr., *Acanthostoma vorax* Cred., *Hylo-nomus Fritschii* Gein. und Deichm. sp., *Petrobates truncatus* Cred., *Discosaurus permianus* Cred. und *Sclerocephalus labyrinthicus* aus einem Kalksteinflötze im mittleren Rotliegenden bei Niederhässlich im Plauen'schen Grunde bei Dresden*).

Aus dem rotliegenden Kalke von Braunau in Böhmen sind von A. Fritsch beschrieben *Branchios. umbrosus* A. Fr., *Melanerpeton pulcherrimum* A. Fr., *Chelydosaurus Vranýi* A. Fr.; von demselben aus der Gaskohle von Nyrschan u. a. *Branchiosaurus*, *Dolichosoma*, *Ophiderpeton*, *Urocordylus*, *Limnerpeton*, *Keraterpeton*, *Microbrachis***). Zu diesen Amphibien gesellen sich nun im Kalkstein des Plauen'schen Grundes in *Palaeobacteria longicaudata* Cred. und *Kadaliosaurus priscus* Cred. die ersten, jedoch noch sehr primitiven rhynchocephalenartigen Reptilien. Auch Fußtapfen z. T. riesiger Vierfüßler sind bekannt, so bei Friedrichroda, Tambach und Kabarz in Thüringen***), bei Hohenelbe in Böhmen.

Gliederung. Als typische Beispiele der Gliederung des Rotliegenden mögen an dieser Stelle die folgenden angeführt werden.

Das Rotliegende des **Saar-Rheingebietes** schließt sich eng an die obere Steinkohlenformation (die Ottweiler Schichten) an, und gliedert sich nach Weiß†) wie folgt:

II. Oberrottliegendes, ohne vulkanische Ergüsse und ohne organische Reste.

7. Kreuznacher Schichten (Grebe), Rotelschiefer und Sandsteine.

6. Waderner Schichten, grobe Melaphyr- u. Porphyrconglomerate und braunrote Sandsteine.

I. Unterrottliegendes.

5. Sötkerner Schichten, mit Porphyrtuffen u. Ergüssen von Porphyrit und Melaphyr (Grenzmelaphyr).

4. Tholeier Schichten; Arkosen, Schieferthone u. vulkanische Ergüsse.

3. Lebacher Schichten; graue Arkosen, Sandsteine und Schieferthone; schwache Kalksteinlager; zu oberst die thoneisensteinführenden Acanthodes-

* Herm. Credner. Stegocephalen und Saurier aus d. Rotl. des Plauen'schen Grundes. Teil I bis X. Z. d. D. geol. Ges. 1884 bis 1893 (Separat bei R. Friedländer u. Sohn. Berlin.) — Ders. Urvierfüßler des sächs. Rotlieg. Allg. verst. naturw. Abb. Nr. 45. Berlin 1894. — Geinitz u. Deichmüller. Nachträge z. Dyas. II. 1882; III. 1884.

** A. Fritsch. Fauna d. Gaskohle u. d. Kalkst. d. Permformation. B. I. u. II. H. 4 u. 2. Prag 1879—85.

*** W. Pabst, Z. d. D. geol. Ges. 1895. S. 370; 1896. S. 638 u. S. 808.

†) E. Weiß. Erl. zu Blatt Lebach 1889. — Ders. Fossile Flora der jüngsten Steinkohlenformation und des Rotliegenden im Saar-Rhein-Gebiet. Bonn 1869—1872.

Schichten mit *Archegosaurus*, *Acanthodes*, *Amblypterus*, *Walchien*, *Cordaites*, *Callipteris conferta*, *Odontopteris obtusa* u. a. Stöcke und Lager von Quarzporphyr. Porphyriten und Melaphyr.

2. Obere Cuseler Schichten; Sandsteine, Arkosen, Schieferthone und Arkosen mit Kalkstein- und Kohlenflötzen; *Walchien*, *Pecopteris arborescens*, *Call. conferta*, *Neuropt. imbricata*, *Anthracosien*.

1. Untere Cuseler Schichten; rote Schieferthone und Sandsteine, mit kalkigen Bänken; erstes Erscheinen von *Callipteris conferta* und *Cal. gigas*. Darunter die Ottweiler Schichten des obersten Carbons (S. 470).

Das Rotliegende des **Schwarzwaldes** und zwar dasjenige der Gegend von Lahr wird von H. Eck *) wie folgt gegliedert:

3. Oberes Rotliegendes: roter Granitgrus mit Knauern von Dolomit und Schnüren von Carneol; rote Schieferthone und gefleckte Sandsteine; darunter local Porphyragglomerate.

2. Mittleres Rotliegendes: Porphyrtuffe, Porphyrdecken, gleichalterig mit rotem Schieferthon, dieser mit *Gampsonyx*, *Estheria*, *Walchia piniformis*.

4. Unteres Rotliegendes: lichtgraue Arkosesandsteine wechselnd mit Schieferthonen (hieraus *Calamites infractus*, *Neuropteris cordata*, *Odontopteris obtusiloba*, *Cordaites Boesslerianus* und *Ottonis*).

Dieselbe Gliederung zeigt das Rotliegende von Oppenau im nördlichen Schwarzwalde, dessen unterster Stufe die früher zum Carbon gerechneten pflanzenführenden Schichten angehören **).

Auch im **Elsass** ist das Rotliegende in gleicher Weise entwickelt ***) und zwar sind dessen unterste (Trienbacher) Schichten Äquivalente derjenigen von Oppenau.

Das Rotliegende des **Thüringer Waldes** haben Beyschlag, Scheibe und Zimmermann †) wie folgt gegliedert:

III. Oberrotliegendes.

5. Tambacher Schichten, polygene und Porphyrconglomerate mit Sandsteinen und Schieferthonen *Walchia*, Tierfährten.

II. Mittelrotliegendes (= Lebacher Schichten.

4. Oberhöfer Schichten, vorwiegend Eruptivdecken, getrennt durch Tuffe, rote Sandsteine und Schiefer. Kalkschiefer mit Kalksteinlagen, bei Oberhof und Friedrichroda mit *Branchiosaurus petrolei* und *Gampsonyx*, Melaphyre, Porphyrite, Quarzporphyre, Orthoklasporphyre.

3. Goldlauterer Schichten, Conglomerate und grobe Sandsteine mit Schieferthonen, diese z. B. bei Crock mit schwachen Steinkohlenflötzen und mit z. B. *Walchien*, *Cordaites*, *Calamites gigas*, *Annularia stellata*, *Callipteris conferta*.

*) H. Eck. Erl. z. geogn. Karte d. Umgegend v. Lahr. Lahr 1884. S. 72.

**) T. Sterzel. Die Flora des Rotliegenden von Oppenau. Heidelberg 1895.

***) E. W. Benecke u. L. van Werveke. Das Rotliegende d. Vogesen. Mitt. d. geol. La. v. Els.-Lothr. III. 1890. S. 45.

†) F. Beyschlag. Z. d. D. geol. Ges. 1895. S. 396. — Über Crock vergl.: Ders. Zeitsch. f. Naturw. Halle 1882. S. 574.

1. Unterrotliegendes (= Cuseler Schichten).

2. Manebacher Schichten. Conglomerate, Sandsteine und Schieferthone mit schwachen Kohlen- und Kalksteinflötzen, so bei Manebach-Kammerberg, Gehlberg, Mordfleck; mit Walchien, *Odont. obtusa*, *Pecopt. arborescens* und *abbreviata*, *Cal. gigas*, *Cal. Suckowi*, *Sigillaria Brardii* u. a.
4. Gehrener Schichten, Arkosen, Schieferthone, Sandsteine, Breccien mit Steinkohlenschnitzen z. B. bei Ruhla, Gehren, Stockheim mit Walchien, *Callipt. gigas*, *Callipteris conferta*, *Pec. arborescens*, *Sigillaria orbicularis*, *Cordaites* u. a., Porphyrite, Melaphyre, Quarzporphyre und Tuffe.

Die Pflanzenführung dieser Schichten hat Potonié beschrieben und parallelisiert die letzteren von rein paläontologischem Standpunkt wie folgt*):

4. Tambacher, Oberhöfer und Goldlauterer Schichten = Übergangszone zum Zechstein mit *Ullmannia Bronni* und *Baiera digitata*.
3. Crocker Schichten = Lebacher Schichten.
2. Manebacher und Gehrener Schichten = Cuseler Schichten.
4. Stockheimer Schichten = Übergangszone zum Carbon.

In der Mansfelder Gegend und am südlichen Harzrande beschränkt sich die Vertretung des Rotliegenden auf dessen obere, direct vom Zechstein überlagerte Abteilung, bestehend aus Porphyrconglomeraten und darüber Schieferthonen**). Die liegenden, früher allgemein zum Rotliegenden gerechneten Sandsteine und Quarzconglomerate nebst den kohlenführenden Complexen von Grillenberg und Ilfeld sind neuerdings zum Obercarbon (Ottweiler Schichten; siehe S. 474) gezogen worden, während Sterzel die Zugehörigkeit des Ilfelder Kohlengebirges zum Unterrotliegenden festhält. Die hangendsten Schichten des Oberrotliegenden sind gewöhnlich durch Auslaugung entfärbt (Weißliegendes) und enthalten z. B. bei Sangerhausen Imprägnationen von Kupfererzen (Sanderze).

Im erzgebirgischen Becken lagert das Rotliegende discordant auf



Fig. 321. Profil durch das erzgebirgische Rotliegend-Becken bei Chemnitz.
Nach Siegart.
p erzgebirgischer Phyllit. — s Silur von Draisdorf. — c Culm von Ebersdorf. — r Rotliegendes.
(P Quarzporphyre. — t Tuff.)

der oberen productiven Steinkohlenformation auf (Fig. 324) und gliedert sich nach Siegart und Sterzel***) von oben nach unten wie folgt:

* H. Potonié. Die Flora des Rotliegenden in Thüringen. Berlin 1893. — Ders. Abh. d. k. pr. geol. La. Neue Folge H. 24. Berlin 1896. S. 9.

** K. von Fritsch. Zeitsch. f. Naturw. Halle 1888. S. 444.

*** Th. Siegart. Erläut. zu den Sectionen Chemnitz, Lugau u. Meerane, sowie Profile durch das Steinkohlenrevier Lugau-Ölsnitz. — T. Sterzel, VII. Ber. d. naturw. Gesellsch. z. Chemnitz 1878—1880. S. 435. Ferner: Flora des Rotliegenden im nordwestl. Sachsen. Pal. Abhandl. Berlin 1886.

2. Oberes Rotliegendes. Ziegelrote, oft kalkhaltige oder dolomitische Letten spielen eine wichtige Rolle, teils für sich als Schieferletten, teils als Bindemittel der Conglomerate und Sandsteine. Die Conglomerate enthalten Gerölle von Porphyren, Melaphyren und Tuffen. Einlagerungen von Eruptivgesteinen und deren Tuffen fehlen, ebenso organische Reste. Mächtigkeit bis 800 m. — Auf dieses obere Rotliegende folgen direct die Plattendolomite des oberen Zechsteines.

1. Mittleres Rotliegendes.

b. Obere Abteilung. Vorherrschend braunrote Kaolinsandsteine, sowie Schieferletten und Conglomerate mit erzgebirgischen und mittelgebirgischen Geröllen. Local mit Kohlenflötzen, Dolomit- und Kalkplatten. Mehrfache Ergüsse von Quarzporphyr, Melaphyr, Pechstein, sowie mehrfache mächtige Tuffeinlagerungen. Haupthorizont der verkieselten Coniferen, Cordaiten, Psaronien, Calamiten und Medullosen. Außerdem mit *Callipteris Naumannii* Gutb., *Callipterid. gigas* Gutb. sp., *Pecopt. pinnatifida* Gutb. sp., *Pec. arborescens* Schloth. sp., *Taeniopteris abnormis* Gutb., *Calamites infractus* Gutb., *Cal. gigas* Brongn., *Asteroph. radiformis* Weiß, *Annularia stellata* Brongn., *Cordaites principalis* Germ., Walchien. Mächtigkeit bis 500 m.

a. Untere Abteilung. Vorherrschend grobe Conglomerate mit local bis metergroßen erzgebirgischen und mittelgebirgischen Geröllen, neben diesen solche von carbonischen Porphyren und Melaphyren, local Fragmente von Steinkohle. Mit verkieselten Cordaioxylon- und Araucarioxylon-Stämmen. Untergeordnet Quarzsandsteine, arkoseartige Sandsteine und z. T. kalkhaltige Schieferletten. Vereinzelt Einlagerungen von Schieferthonen und Kohlenflötzen (sog. wildes Kohlengebirge). Namentlich letzteres mit *Sphenopteris fasciculata* Gutb., *Sphenopteris punctulata* Naum., *Mixoneura obtusa* Weiß, *Callipteridium gigas* Gutb. sp., *Cordaites principalis* Germ. sp., *Walchia piniformis* Schloth., *Araucarioxylon*, *Cordaioxylon*.

Unteres Rotliegendes (Cuseler Stufe) fehlt. Das erzgebirgische Mittel-Rotliegende entspricht den Lebacher Schichten des Saargebietes. Gleiches gilt von den an Pflanzen- und Tierresten reichen Rotliegend-Ablagerungen von Saalhausen bei Oschatz und Weißig bei Pillnitz.

Das Steinkohlengebirge des Plauenschen Grundes (des Döhlener Beckens) zwischen Dresden und Tharandt*) gehört nach Sterzel dem Unterrotliegenden an.

Dieses flötzführende Unterrotliegende besteht aus grauen Sandsteinen, Schieferthonen und Conglomeraten mit 3 Steinkohlenflötzen, das oberste bis 5 m mächtig, zu unterst mit dem Lager von Wilsdruffer Porphyrit, enthält eine permocarbonische Mischflora mit *Callipt. praelongata* Weiß, *Walchia piniformis* Schloth., *Calamites striatus* Cotta, *C. major* Weiß, *Psaronius polyphyllus* O. Feist. u. a., aber keine Spur von *Sigillaria* und *Lepidodendron*. Das sich concordant und ohne jede scharfe Grenze anschließende Mittelrotliegende besteht a. aus bunten Schieferletten, Sandsteinen und Thonsteinen mit einigen Kohlenflötzen und Kalksteinbänken, letztere mit der S. 494 aufgezählten reichen Stegocephalen- und Saurierfauna, außerdem mit *Pecopteris Geinitzi* Gutb., *Pec. gigas* Gutb., *Scolecopt. elegans* Zen., *Psaronien*, *Cal. gigas* Brong., *Walchia piniformis* Schloth. — b. zu oberst aus Gneiß- und Porphyrconglomeraten nebst Breccientuffen, und einer Decke von Quarzporphyr.

*) R. Beck. Erläut. zu den Sectionen Dresden, Wilsdruff, Kreischa und Tharandt; ferner Zeitsch. f. prakt. Geol. 1893. S. 20. — R. Haube. Profile durch das Becken des Plauenschen Grundes. 3 Taf. Leipzig 1891. — T. Sterzel. Flora d. Rotliegenden im Plauenschen Grunde mit 13 Tafeln. Abh. d. k. S. Ges. Wiss. B. XXXII. Leipzig 1893.

Auch die oberen auf die Radnitzer Schichten (S. 474) folgenden Horizonte der Steinkohlen führenden Ablagerungen **Mittelböhmens** (die Nyrchaner Schichten mit der an Stegocephalen reichen Gaskohle, darüber die Kounova'er Schichten) sind nach C. Feistmantel dem Rotliegenden zuzurechnen.

Gesteinsruptionen während der Ablagerung des Rotliegenden.

Zwischen den beschriebenen sedimentären Gesteinen des Rotliegenden und sehr zahlreichen Einlagerungen und Durchbrüchen von Eruptivgesteinen herrscht eine so innige Verknüpfung, dass die Gleichzeitigkeit ihrer Entstehung fraglos ist. Die Gesteine, welche während der Bildung des Rotliegenden, begleitet von Sand- und Aschenauswürfen, in glutflüssigem Zustande die bereits abgelagerten Schichten durchbrachen und sich auf diesen deckenartig ausbreiteten, so dass sie heute als mehr oder weniger mächtige, sehr häufig von neuem durch nur wenig jüngere Eruptivgesteine durchbrochene Zwischenlager erscheinen, sind Quarzporphyre, Granitporphyre, Orthoklasporphyre, Porphyrite und Melaphyre. Der Quarzporphyr ist durch eine große Reihe von Varietäten vertreten, welche in der Farbe und Structur ihrer Grundmasse, in der Häufigkeit der Krystallauscheidungen und in dem Vorkommen von accessorischen Gemengteilen begründet sind. Sie treten in dem Rotliegenden wie die sämtlichen übrigen eben genannten Eruptivgesteine entweder gangförmig oder, und zwar gewöhnlich, lagerartig auf. So war der Thüringer Wald zur Zeit des Unter- und Mittelrotliegenden der Schauplatz großartiger Eruptionen sämtlicher obengenannter altvulkanischer Gesteine, welche sich zu Decken von z. T. gewaltiger Mächtigkeit aufstauten. In die nämliche Periode fällt der Ausbruch der Quarzporphyre, in welche sich das Saale-Thal bei Halle eingeschnitten hat, sowie der Porphyrite und Quarzporphyre des Magdeburger Uferrandes. In Sachsen spielen dem Mittelrotliegenden angehörige Eruptivgesteine namentlich in dem zwischen Rochlitz, Leisnig, Wurzen und Leipzig gelegenen Areale eine sehr große Rolle, so dass neben ihnen die sedimentären Gesteine ganz in den Hintergrund treten. Die Eruptionen begannen hier mit Porphyriten (Leisnig, Kohren, Altenburg). Darauf folgen, local durch zwischengelagerte Tuffe von einander getrennt, mindestens 4 deckenförmige Ergüsse von verschiedenen Quarzporphyr-Varietäten, der oberste von Pyroxen-Quarzporphyr, welcher von Pyroxen-Granitporphyr durchsetzt wird. Im erzgebirgischen Becken hingegen wallten Sedimentärgesteine so vor, dass die decken- und stromförmigen Ergüsse von Melaphyr und Quarzporphyr nebst Pechstein nur wie dünne, aber weit ausgedehnte Bänke erscheinen (Fig. 321, 323 u. 324). Bei Ilfeld am Harze bilden Melaphyr und Porphyrit mächtige, dem Rotliegenden eingelagerte Platten (Fig. 322). Außerordentlich reich an stock- und gangförmigen Durchbrüchen, namentlich aber an regelmäßigen, bis 70 m mächtigen Lagern von

Quarzporphyr, Porphyriten und Melaphyr ist das große Rotliegend-Territorium südlich vom Hunsrück. Ähnliche plattenförmige Einschaltungen der genannten Eruptivgesteine wiederholen sich im Odenwalde ebenso wie in Schlesien, so z. B. bei Löwenberg, in noch großartigerem Maßstabe in dem

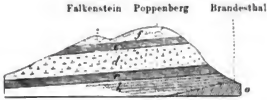


Fig. 322. Profil durch die Einlagerungen von Melaphyr und Porphyrit im Rotliegenden von Ilfeld. Nach Naumann.

a Unterdevon des Sächsischen. — b kohlführender Complex. — c Schieferletten und Sandsteine. — d Melaphyr. — e Thonstein. — f Porphyrit.

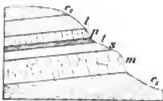


Fig. 323. Lager von Melaphyr und Quarzporphyr im Rotliegenden der Gegend von Zwickau.

a Conglomerate und Letten; — m Melaphyr; — n Sandstein; — l Porphyrtuff; — p Quarzporphyr; — o Conglomerate mit Porphyrgewölben.

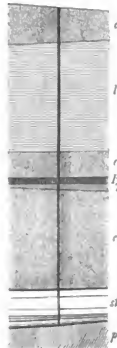


Fig. 324. Profil durch den Deutschland-Schacht 1 (Tiefe = 694 m) bei Lugau. Nach Sievert.

Mittelrotliegendes: c Conglomerate, l Letten. P Quarzporphyr, f Tuff. — st productive Steinkohlenformation, p Phyllite.

Rotliegenden, welches, von Kreide überlagert, das niederschlesisch-böhmische Steinkohlenbassin ausfüllt. In dem nordöstlichen Böhmen offenbaren sich die nämlichen Erscheinungen.

Mit der Eruption dieser altvulkanischen Ergussgesteine und zwar vorzüglich der Quarzporphyre gingen sehr gewöhnlich Aschen- und Sandauswürfe Hand in Hand und lieferten das Material der Porphyrtuffe, welche in der Schichtenreihe des Rotliegenden eine so wichtige Rolle spielen. Diese meist wohlgeschichteten Tuffe (Krystalltuffe, arkoseartige Tuffe, Schlackentuffe und erdige oder silificierte Thonsteine) umfassen nicht selten organische Reste, namentlich Abdrücke von Farnen, Calamarien, Cordaiten und Cycadeen sowie verkieselte Farn- und Coniferenstämme, so z. B. im erzgebirgischen Becken. Der Zeisigwald bei Chemnitz und der Rochlitzer Berg in Sachsen sind derartige vulkanische Schuttkegel im Rotliegenden. Auch die Eruption der Melaphyre und Porphyre hat zu Tuffbildungen und Anhäufungen von schlackigen Bomben Veranlassung gegeben.

An den jüngst erst emporgestiegenen Porphyren, Melaphyren und Porphyriten fanden die Gewässer der permischen Periode Gelegenheit zur Ausübung ihrer zerstörenden Thätigkeit. Ihre zu Geröll abgerundeten Bruchstücke und Auswürflinge lieferten ein Hauptmaterial gewisser Conglomerate des Rotliegenden, welche sie oft ausschließlich zusammensetzen und die dann Porphy-, Porphyrit- und Melaphyrconglomerate genannt werden (z. B. im Döhlener Becken in Sachsen, am südlichen Harzrande, in Thüringen).

Die Eruptivgesteine des Rotliegenden sind nicht selten das Muttergestein wertvoller Erzlagerstätten geworden. Besonders bemerkenswert sind die Vorkommen von Manganerzen, welche sich in ganz ähnlicher Weise im Thüringer Walde und am Harz wiederholen*). Die thüringische Hauptfundstelle derselben ist die Umgebung von Elgersburg, wo Pyrolusit und Psilomelan als Ausfüllung von bis zu 5 m mächtigen Spalten im Porphyry aufsetzen. Minder bedeutend sind die dem vorigen analogen Vorkommen des Braunsteins am Örenstock bei Ilmenau und am Gottlob bei Friedrichroda, nur dass hier einzelne der Gänge im Melaphyr brechen. War das vorherrschende Manganerz Thüringens Pyrolusit und Psilomelan, so führen die im Porphyrite bei Ilfeld am Harz aufsetzenden Braunsteingänge Manganit, zum Teil in ausgezeichneten Krystallen. — In den Sandsteinen und Schiefeln, Hornsteinen und Conglomeraten des Rotliegenden der Pfalz und den sie durchbrochen habenden Melaphyren und Porphyren setzen Quecksilbererze zum Teil als Imprägnation des Nebengesteines auf. Die Ausfüllung dieser Gänge besteht dort vorwaltend aus Letten, in welchen die Quecksilbererze, nämlich gediegenes Quecksilber, Amalgam und Quecksilberhornerz, nämlich aber Zinnober in Schnüren, Adern und Drusen eingesprengt sind. Stellenweise ist das Nebengestein dieser Gänge und zwar namentlich des Hornsteines und Sandsteines bis auf mehrere Lachter Entfernung von zarten Adern und feinen Einsprenglingen derselben Erze durchdrungen, ebenso sind die benachbarten Kluftwände von solchen überzogen.

2. Die Zechstein-Formation.

Die Zechsteinformation**) bildet die obere Abteilung der Dyas Deutschlands und ist in den Districten ihrer vollständigen Ausbildung, und zwar

*) Heinr. Crd. Geogn. Verh. d. Thüringer Waldes u. Harzes. Gotha 1843. S. 130.

**) Erläuterungen z. geol. Specialkarte v. Preußen: Blatt Mansfeld, Nordhausen, Frankenhausen, Ellrich, Stollberg, Zorge u. a. — Schrader. Der Mansfelder Kupferschieferbergbau. Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wesen im preuß. St. Bd. XVII. 1869. S. 251. — F. Beysschlag. Geol. Karte d. Mansfelder Mulde. Berlin 1893. — O. Speyer. Zechst. des westl. Harzrandes. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1880. S. 80. — J. H. Kloos. Zechst. am nordwestl. Harzrand. Ebend. 1891. S. 126. — Th. K. Liebe. Zechst. v. Gera. Zeitschr. d. D. geol. Ges. 1835. S. 406, und Schichtenaufbau Ostthüringens. Berlin 1884. S. 56.

typisch am südlichen Harzrande und in der Mansfelder Gegend, sowie in Ostthüringen mehr oder weniger deutlich aus folgenden Gliedern aufgebaut, deren Mächtigkeit freilich local sehr schwankt:

1. Unterer Zechstein.

a. Zechsteinconglomerat Beyrich's, 1 bis 2 m mächtige kalkige Sandsteine, weißgraue Letten oder kalkige hellgraue grandige Conglomerate mit Geröllen von Grauwacke, Kieselchiefer und Quarz. In der Gegend von Gera kommen in dieser Zone, dem conglomeratartigen Zechstein (Liebe), die Reste von *Rhynchonella Geinitziana* Vern. und *Productus Cancrini* Vern. vor.

Früher ist das Zechsteinconglomerat öfters identificiert worden mit dem Weißliegenden, z. B. Mansfelds. Hier fehlt ersteres jedoch fast vollständig und tritt erst weiter im Westen zwischen Sangerhausen und Steina als stete Unterlage des Kupferschiefers auf, wobei es die weißen Conglomerate und Sande des Rotliegenden (Weißliegenden) überlagert.

b. Kupferschiefer, ein schwarzer bituminöser Mergelschiefer von etwa 0,6 m Mächtigkeit, der sich durch drei Eigenschaften ganz besonders auszeichnet: seinen Bitumengehalt, seine Erzführung und seinen Reichtum an Fischresten. Die Erzführung beschränkt sich jedoch im wesentlichen auf die unterste etwa 0,4 m mächtige Lage, den eigentlichen Kupferschiefer. Dieser enthält dann außerordentlich feine, staubartige Partikelchen von Kupfererzen (Kupferkies, Buntkupferkies, Kupferglanz, Kupferindig und gediegen Kupfer), sowie Bleiglanz, Schwefelkies, Kupfernickel und endlich gediegen Silber eingesprengt. Wo dieser Erzgehalt einigermaßen beträchtlich ist, wie dies am südlichen Harzrande im Mansfeldischen, sowie bei Richelsdorf in Hessen und bei Ilmenau in Thüringen der Fall ist, werden diese Kupferschiefer abgebaut und verhüttet. In erstgenanntem Districte sind sie trotz der geringen Mächtigkeit der schmelzwürdigen Lage und trotzdem sie nur 2 bis 3 Procent Kupfer mit 250 g Silber auf 50 kg Kupfer führen, das Object einer der großartigsten berg- und hüttenmännischen Unternehmungen Deutschlands geworden, welche etwa 17000 Arbeiter beschäftigt und 1889 eine Ausbeute von 306598 Centn. (= 15329900 kg) Kupfer und 86714,5 kg Feinsilber erzielte. Eine derartige Erzführung erstreckt sich freilich nicht auf die ganze Ausdehnung des Kupferschiefers,

— H. Bücking. Zechst. v. Schmalkalden. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1882. S. 29. — H. Pröscholdt. Zechst. an d. Südostseite des Thüringer Waldes. Ebend. 1886. S. 165. — H. Loretz. Zechst. am westl. Thüringer Wald. Ebend. 1889. S. 224. — E. Holzapfel. Zechst. am O.-Rande des Rhein.-Westfal. Schiefergeb. Görlitz 1879. — A. Denckmann. Zechst. v. Frankenbg. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1894. S. 234. — A. Leppla. Zechst. im Waldeckischen. Ebend. 1890. S. 40. — H. Bücking. Der nordwestl. Spessart. Berlin. 1892. S. 133.

beschränkt sich vielmehr bis auf wenige Ausnahmen namentlich auf den Südrand des Harzes und die beiden obengenannten Punkte.

Der Kupferschiefer ist local reich an Resten von heterocercalen, kleinschuppigen Ganoidfischen und zwar von *Palaeoniscus Freieslebeni* Ag. (Fig. 325), *Platysomus striatus* Agass. (Fig. 326) und *Acrolepis asper* Ag.; er führt außerdem *Lingula Credneri* Gein., Zweigenden, Früchte und Blätter von *Ullmannia Bronni* Göpp. (Fig. 327) und von

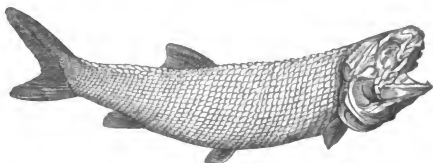


Fig. 325. *Palaeoniscus Freieslebeni* Agass.

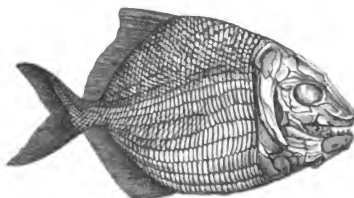


Fig. 326. *Platysomus striatus* Agass.

Voltzia Liebeana Gein. sowie zahlreiche Algen. Aus ihm endlich stammen auch die Reste von *Proterosaurius Speneri* v. Meyer, einem rhynchocephalenartigen Reptil. Das Kupferschieferflötz besitzt trotz seiner geringen Mächtigkeit eine außerordentlich stetige und weite Verbreitung. Im Mansfeldischen umgibt es völlig wie ein Kleid, durch Lagerungsstörungen in mannigfachen Faltenwurf gebracht, das Obercarbon und Rotliegende, umgürtet in größter Regelmäßigkeit die Abfälle des Harzes, des Thüringer Waldes und erscheint unterhalb der jüngeren Formation Hessens und der Gegend von Osnabrück und Ibbenbüren an der Oberfläche. Über die Ursächlichkeit des Metallgehaltes des Kupferschiefers gilt das S. 268 Gesagte.

c. Zechstein, ein plattiger, grauer, dichter, fester Kalkstein von gewöhnlich 5 bis 40, ausnahmsweise 30 m Mächtigkeit. Er ist es, welcher in Deutschland die Hauptmasse der marinen Tierreste der permischen Periode umschließt, welche gegenüber der oceanischen Facies andrer Gebiete die verarmte Fauna einer Flachsee repräsentiert. Dieselbe besteht zunächst aus

den sparsamen Resten von Protozoën (z. B. *Nodosaria*) und von Echinodermen (*Cyathocrinus* und *Eocidaris*). Etwas reichlicher ist die Vertretung der Korallen durch einige *Zoantharia rugosa* und *tabulata* (*Polycœlia*, *Cyathophyllum* und *Stenopora*), verhältnismäßig stark sind local die Bryozoën in *Fenestella*, *Acanthocladia* und *Polypora*, entwickelt, von denen *Fenestella retiformis* Schloth. (Fig. 328) ein treffliches Leitfossil des Zechsteines ist. Von allen niederen Tieren aber herrschen die Brachiopoden weit vor allen übrigen vor und liefern die charakteristischsten und weitest verbreiteten Zechsteinformen. Hierher gehören *Productus horridus* Sow.



Fig. 327.

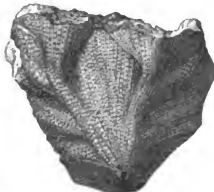


Fig. 328.



Fig. 329.

Fig. 330.



Fig. 331.

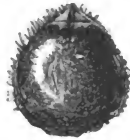


Fig. 332.



Fig. 333.

Fig. 327. Zweigende von *Ullmannia Bronni* Göpp. — Fig. 328. *Fenestella retiformis* Schloth. — Fig. 329. *Camarophoria Schlottheimi* v. B. — Fig. 330. *Productus horridus* Sow. — Fig. 331. *Spirifer undulatus* Sow. — Fig. 332. *Strophalosia Goldfussi* Münt. — Fig. 333. *Schizodus obscurus* Sow.

(Fig. 330), *Spirifer undulatus* Sow. (Fig. 331), *Strophalosia Goldfussi* Münt. (Fig. 332), die *Rhynchonella*-ähnliche *Camarophoria Schlottheimi* v. Buch (Fig. 329), *Terebratula elongata* Schloth. und endlich *Lingula Credneri* Gein. Die Zweischaler erreichen in der permischen Periode im Vergleich mit den übrigen Vertretern der Tierwelt bereits eine größere Wichtigkeit als in früheren Zeitaltern, neigen sich in ihrem allgemeinen Charakter mehr nach den mesozoischen Zweischalern hin und gehören vorzugsweise den Geschlechtern *Mytilus*, *Pecten*, *Arca*, *Gervillia*, *Leda*, *Alloisma* und *Schizodus*, einem Vorläufer der *Trigonien*, endlich *Prospodylus*, dem Vorfahren der *Spondyliden*, an. Zu den gewöhnlichsten organischen Resten des Zechsteines sind *Schizodus obscurus* Sow. (Fig. 333), *Avicula* (*Pseudomonotis*) *speluncaria* Schloth., *Arca striata* Schloth., *Mytilus Hausmanni* Goldf., *Pecten pusillus* Schloth., *Gervillia ceratophaga* Schloth. zu zählen. Die Gastropoden sind in der Zechsteingruppe

nur durch wenige Gattungen (namentlich *Turbo*, *Pleurotomaria*, *Loxonema*, *Natica*, *Dentalium*) und etwa 20 Arten, sowie durch spärliche, unansehnliche und kleine Individuen vertreten. Die Cephalopoden haben sich aus dem flachen Zechsteinmeere zurückgezogen und beschränken sich in dessen Sedimenten auf einige wenige Repräsentanten, welche der Gattung *Nautilus* angehören. Gar nicht mehr sind die Trilobiten, deren nahes Erlöschen in dem carbonischen Zeitalter bereits vorbereitet wurde, in der permischen Formation Deutschlands vertreten. So gehört denn gerade diese Armut an Cephalopoden, sowie das vollständige Fehlen der Trilobiten zu den hervorstechendsten Eigentümlichkeiten der deutschen Zechsteinfauna.

Für die unteren Lagen des Zechsteins ist vor allen *Productus horridus* Sow. und *Spirifer undulatus* Sow. charakteristisch, — für seine oberen *Fenestella retiformis* Schloth., *Schizodus obscurus* Sow., *Gervillia ceratophaga* Schloth., *Avicula speluncaria* Schloth., *Pecten pusillus* Schloth., *Terebratula elongata* Schloth., *Camarophoria Schlotheimi* v. Buch, *Strophalosia Goldfussi* Münst. bezeichnend.

2. Mittlerer Zechstein.

Derselbe besteht zu unterst aus Gyps (älterem Gyps), local begleitet von Steinsalz, sowie aus Rauchwacke und Asche, — darüber aus Stinkkalken oder an deren Stelle aus dem Hauptdolomit. Die Rauchwacke ist ein krystallinisch körniger Dolomit von grauer, ins Gelbe und Braune verlaufender Farbe, oft porös und drusig, fühlt sich rau und scharf an und ist ebenso wie der Hauptdolomit häufig von Spalten und Rissen, sowie von Höhlungen durchzogen, welche nicht selten unter einander zusammenhängen (bei Liebenstein und Altenstein im Thüringer Walde). Sie führen *Aucella Hausmanni* Goldf., *Gervillia ceratophaga* Schloth., *Schizodus obscurus* Sow. u. a. An manchen Punkten, so bei Kamsdorf in Thüringen, wird die Rauchwacke durch einen porösen, außerordentlich eisenreichen Kalkstein vertreten, in dessen zahlreichen Drusen und Klüften Aragonit auskrystallisiert ist. Die Asche ist z. T. ein feinsandiges, loses, zerreibliches Aggregat von kleinen Anhydrit- oder Dolomitkryställchen, gewöhnlich bitumenreich und dunkelbraun gefärbt.

3. Oberer Zechstein.

Das Hauptglied der oberen Abteilung der Zechsteingruppe bilden rötliche oder bläuliche Letten mit Knauern oder ebenplattigen Bänken von Dolomit (Plattendolomit) sowie mit Stöcken und Einlagerungen von Steinsalz, sowie von feinkörnigem bis dichtem, weißem oder grauem Gyps, welcher nur undeutlich oder gar nicht geschichtet, aber vielfach zerklüftet, ausgegast und zerrissen ist (Fig. 334). Seine bedeutenderen Ablagerungen umschließen, so bei Sangerhausen, Ellrich, Stollberg u. a. O., Höhlen, sog. Gypsschlotten, welche der Auflösung und Wegführung des Gypses durch

Gewässer ihren Ursprung verdanken (siehe S. 197 und 220). Brechen die Decken solcher nahe der Erdoberfläche gelegenen Schlotten zusammen, so



Fig. 334. Gypstöcke und -klötze im roten Thone des oberen Zechsteins, an der Diebskammer unfern Eisleben.

bilden sich Erdfälle (siehe S. 221). Nach der Tiefe zu geht der Gyps häufig in Anhydrit über, aus welchem er durch Aufnahme von Wasser entstanden ist (siehe S. 200).

Über die meist sehr ähnliche Gliederung der Zechsteinformation Deutschlands liefert die umstehende Tabelle eine übersichtliche Zusammenstellung.

Im südöstlichen Thüringen ist der untere und mittlere Zechstein durch ein Bryozoön-Riff vertreten, welches aus lauter unter sich gleich hohen Tafelbergen von Dolomit besteht, die sich in langer gekrümmter Linie, entsprechend der alten Küstenlinie des Zechsteinmeeres, auf der Strecke von Köstritz über Neustadt, Pössneck und Könitz bis Blankenburg, aneinander reihen und sich im Westen des Thüringer Waldes bei Thal unweit Eisenach und bei Liebenstein-Altenstein wiederholen. Am Aufbau dieses Dolomitriffes haben sich namentlich beteiligt die Bryozoengattungen *Acanthocladia* (*dubia* und *anceps*), *Fenestella* (*retiformis*), *Phyllopora* (*Ehrenbergi*). Ihnen gesellen sich als charakteristische Riffbewohner zu: *Cyathocrinus ramosus*, *Strophalosia Goldfussi*, *Terebratula elongata* u. a. *).

Das bedeutsamste Glied der oberen Zechsteinformation ist das Steinsalz nebst seinen Begleitern, den Magnesia- und den namentlich wertvollen Kalisalzen **). Ihre größte Verbreitung besitzt die Ablagerung der letzteren in einer paläozoischen Meeresbucht, die sich zwischen dem nördlichen Harzrande und dem Grauwacke-Rotliegend-Rücken von Gönnern, Magdeburg und Alvensleben in nordöstlicher Richtung erstreckt und innerhalb deren diese Salzfacies des oberen Zechsteins z. B. bei Bernburg, Stassfurt, Aschersleben, Westeregeln, Vienenburg und Thiede bis in die

*) Th. Liebe. Z. d. D. geol. Ges. 1857. S. 420; Erläut. zu Sect. Neust. a. O. 1884; Humboldt. B. II. 1883. Heft 7.

**) F. Bischof. Die Steinsalzwerte bei Stassfurt. 2. Aufl. Halle 1875. — C. Ochsenius. Die Bildung d. Steinsalzlager. Halle 1877. — Precht. Die Salzindustrie von Stassfurt. Stassfurt 1885. — Kloos. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1895. S. 115.

Gegend von Hildesheim und der Aller, also bis in die Provinz Hannover durch zahlreiche Bohrungen und z. T. großartigen Bergbau erschlossen ist. In fast dieser ganzen Ausdehnung finden sich 2 Steinsalzlager, welche z. T. durch Anhydrit und Salzthon, sowie durch eine Ablagerung von Mutterlaugensalzen (leichtlöslichen Kali- und Magnesiasalzen) getrennt werden, welche letzteren sich jedoch in einem höheren Niveau, nämlich im oberen, bis 500 m mächtigen Steinsalzlager, nochmals wiederholen können (so bei Salzdetfurth, Osterlinde, Wehningen). Das untere dieser Lager von Kalisalzen wird z. B. bei Stassfurt, Leopoldshall und Vienenburg abgebaut. Bei Stassfurt, wo sich die Salzformation und der sie überlagernde Buntsandstein sattelförmig emporwölbt, ist das obere Steinsalzlager nicht überall

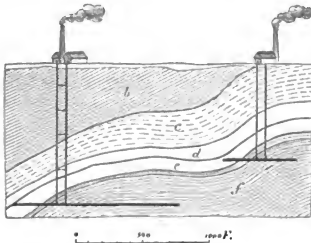


Fig. 335. Nach Bischof.

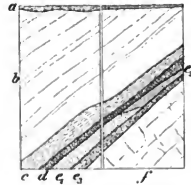


Fig. 336. Nach Ocksenius.

Profile der Steinsalzlagerstätte von Stassfurt.

a Diluvium und Braunkohle. — *b* Buntsandstein. — *c* Gyps der oberen Zechsteingruppe. — *d* Salzthon. — *e* Braunsalze (*e*₁ = Carnallit-, *e*₂ = Kainit-, *e*₃ = Kieseritregion). — *f* unteres Steinsalz (Polyhalit- und Anhydritregion.)

vorhanden, vielmehr werden die im Hangenden des unteren Steinsalzlagers anstehenden Kali- oder Braunsalze (Fig. 335*e*) am Abfalle des Sattels direct überlagert von Salzthon (*d*), Anhydrit und Gyps (*c*) und Buntsandstein (*b*). Die Mächtigkeit des Salzgebirges beträgt hier etwa 900 m. Seine untere Hauptmasse besteht aus reinem Steinsalz (Fig. 335 und 336*f*), welches durch dünne, vollkommen parallele Schnüre von Anhydrit in Bänke von 0,08 bis 0,16 m Stärke geteilt wird (Anhydrit-Region des Salzlagere). Auf ihm ruht ein 66 m mächtiger Complex eines unreinen, und zwar mit Chlormagnesium gemengten Steinsalzes, welches von parallelen Polyhalit-Schnüren durchzogen wird (Polyhalit-Region). Darauf folgt eine 60 m mächtige Zone, in welcher neben Steinsalz und mit ihm wechsellagernd schwefelsaure Verbindungen, nämlich Kieserit in bis fußmächtigen Bänken vorwalten (Kieserit-Region) (Fig. 336*e*₃). Die oberste Lage von 45 m wird durch eine Schichtenfolge zoll- bis fußstarker, bunt gefärbter Lagen von Steinsalz und Carnallit gebildet (Carnallit-Region) (Fig. 336*e*₁). Nach

dem Ausgehenden zu treten an Stelle des Carnallites als dessen secundäre Umwandlungsproducte Sylvin und Kainit, die wertvollsten Kalisalze (e_2).

Auch in der Bucht zwischen Harz und Thüringer Wald sind bei Sondershausen, Worbis und Arnstadt, ferner am Südrande des Thüringer Waldes bei Salzung, endlich im Norddeutschen Flachlande bei Lüthten in Mecklenburg (E. Geinitz) Kalisalze in Verknüpfung mit Steinsalzlager erhohrt worden.

Mit einer Bohrung bei Sperenberg südlich von Berlin hat man Steinsalz in etwa 90 m Teufe erreicht und dasselbe in vollständiger Reinheit bis zur Tiefe von 1273 m verfolgt, ohne sein Liegendes anzutreffen. Auch in Holstein ist unter dem Anhydrit und Gyps, welcher den schroffen Kalkberg und den Kalkhausberg bei Segeberg bildet, in 148 m Tiefe ein 139 m mächtiges Steinsalzlager und als dessen Liegendes wiederum Anhydrit erhohrt worden*).

Gangförmige Erzlagerstätten in der Zechsteingruppe. Die Schichtenreihe der Zechsteingruppe wird an zahlreichen Punkten ihres Auftretens von Klüften und Spalten, sog. Rücken durchsetzt, in welchen neben Kalkspat, Baryt und Quarz mancherlei Kupfer-, Blei-, Kobalt- und Nickelerze zur Ablagerung gelangt sind. Weder die Erstreckung dieser Rücken, noch die Tiefe, bis zu welcher sie in abbauwürdiger Erzführung niedersetzen, pflegt beträchtlich zu sein, indem letztere meist aufhört, sowie sie nach unten das Rotliegende, nach oben den bunten Sandstein erreicht hat. Durch sie werden die Schichten der Zechsteingruppe gegen einander verworfen, und zwar gewöhnlich nur um wenige, ausnahmsweise 20, 30 oder mehr Meter. Die Kupfer- und Kobalterz-Gänge von Kamsdorf in Thüringen**) sind Ausfüllungen solcher im Zechstein und in dessen Liegendem, den Culmschiefern, aufsetzenden Verwerfungsspalten. Ihre Hauptgangart ist Baryt. Derselbe führt in den unteren Teufen Schwefelmetalle, nämlich Kupferkies, Fahlerz, Speiskobalt, Nickelkies, in den oberen Teufen hingegen oxydische Erze, so Ziegelerz, Malachit, Lasur, Kobaltblüte und Erdkobalt. Längs dieser Erzgänge sind Teile des unteren und mittleren Zechsteines auf wechselnde Entfernung in Eisenstein mit Nestern und Schnüren von Kupfer- und Kobalterzen umgewandelt worden.

Ganz ähnlicher Natur sind die Kobaltgänge von Katterfeld und Glücksbrunn. Bei Riechelsdorf führen ganz analoge Spaltenbildungen, welche in großer Anzahl das Weißliegende und den Zechstein durchsetzen, Speiskobalt, Kupfernickel, Kupferfahlerz, Kupferkies, Erdkobalt, Kobalt- und Nickelblüte. Ihr Reichtum concentrirt sich in dem Weißliegenden-Niveau und pflegt sich nach oben zu vermindern. Der gleichen Gangformation sind die

*) Vergl. H. Haas. Bodenbeschaffenh. Schleswig-Holsteins. Kiel 1889. S. 44.

**) F. Beyschlag. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1888. S. 329.

Kobalt-Nickelgänge von Bieber am Spessart zuzurechnen. Der Zechsteinformation gehören auch die Eisensteinlagerstätten der Schmalkalder Gegend in Thüringen, namentlich die des Stahlberges und der Mommel an. Es sind Einlagerungen im Zechsteindolomit, welche in ihrer ganzen Erstreckung an eine große Dislocationsspalte gebunden sind, durch die der Buntsandstein in das Niveau des Zechsteines verworfen wird. Nach Bücking dürften die Eisenerze dieser Lagerstätten dadurch entstanden sein, dass auf dieser Spalte circulierende eisenhaltige Wasser den Zechstein in Spateisenstein und Brauneisenstein umwandelten *).

Die Verbreitung der deutschen Dyas. Die Dyas umgürtet den westlichen, südlichen und östlichen Rand des Harzgebirges in schmalen Streifen. Die Gypshügel, welche wie eine weiße Mauer auf der ganzen eben bezeichneten Strecke dem Harzrande parallel laufen, gehören ebenso wie die Kupferschiefer von Mansfeld dem Zechstein, die Melaphyre und Porphyre von Ilfeld dem untersten Rotliegenden an. Dem Nordrande des Harzes gegenüber tritt das Rotliegende und der Zechstein auf Culm aufgelagert in der Gegend von Magdeburg aus den jüngeren Formationen hervor. Von dem Südabfalle des Harzes durch die goldene Aue getrennt, hebt sich die Dyas in dem Kyffhäuser zu einem kleinen isolierten Gebirge aus den jüngeren Formationen hervor. Noch weiter südlich besteht der Thüringer Wald wesentlich aus Rotliegendem mit mächtigen Porphyren, Porphyriten und Melaphyren, während sich ein Mantel von Zechstein um den ganzen Gebirgszug legt und noch an den Dislocationen, welche diesen betroffen, teilgenommen hat. Jedoch finden sich als Beweise früherer allgemeinerer Verbreitung des letzteren Blöcke von verkieseltem Zechstein mit *Prod. horridus* bis fast zum Gebirgskamme (Zimmermann, v. Fritsch). In der nordwestlichen Fortsetzung des Thüringer Waldes und in dessen Haupterhebungslinie tritt der Zechstein in der Gabel zwischen Werra und Fulda, also namentlich in der Gegend von Riechelsdorf, in größerer Ausdehnung zu Tage. Auch den Ostabfall des rheinischen Schiefergebirges umzieht derselbe in einer schmalen Zone (bei Frankenberg und im Waldeckischen). In östlicher Richtung von Thüringen läuft ein Streifen von permischen Gebilden über Saalfeld nach Altenburg und Gera, tritt in sächsisches Gebiet über und bildet, jedoch nur durch das Rotliegende vertreten, in der erzgebirgischen Mulde eine langausgedehnte Ablagerung, auf welcher Chemnitz und Zwickau stehen. Auch um den Nordrand des sächsischen Granulitgebirges schlingt sich das Rotliegende und erstreckt sich in nördlicher Richtung, freilich zum großen Teil von Diluvium und Braunkohlenformation überlagert und von Porphyren vertreten und durchbrochen, nördlich bis über Leipzig und östlich bis Mügeln, Oschatz und Lommatzsch, bildet außerdem eine dem Elbthale parallele, zu unterst

*) H. Bücking. Jahrb. d. k. pr. geol. Ia. 1882. S. 33.

Steinkohlenflötze führende Mulde zwischen Dresden, Tharandt und Wilsdruff (das Döhlener oder Plauensche Becken), kurz hat im Königreiche Sachsen eine weite Verbreitung gefunden, während Plattendolomit und Letten des oberen Zechsteines nur an der Randzone des erzgebirgischen und nordsächsischen Rotliegenden, nämlich bei Crimmitschau, sowie bei Geithain und Mügeln, zur Ausbildung gelangten.

In Böhmen nimmt das Rotliegende namentlich im nordöstlichen Teile des Landes am Fuße des Iser- und Riesengebirges ein ausgedehntes Areal ein, in dessen Bereiche die Städte Trautenau, Hohenelbe, Arnau, Schatzlar, Braunau und Nachod liegen. Dem Rotliegenden sind hier rote Kalksteine mit *Palaeoniscus Vratislaviensis* Ag. und (ähnlich wie bei Oschatz in Sachsen) Brandschiefer mit *Xenacanthus Decheni* Beyr. und *Acanthodes gracilis* Beyr. zwischengelagert. Nördlich von Pilsen und westlich von Prag bildet das Rotliegende ein ausgedehntes Territorium, schließt sich eng an die carbonische Formation an und führt Kohlenflötze. Auch in der Grafschaft Glatz ist nur das Rotliegende und zwar als Ausfüllung der niederschlesischen Kohlenmulde vertreten, — am Nordabfalle des Riesengebirges hingegen, und zwar in der Umgebung von Löwenberg und Goldberg in Schlesien, ist nicht bloß das Rotliegende, sondern auch Kupferschiefer und Zechstein zur Entwicklung gelangt. Auch am Nordrande des Lausitzer Gebirges, und zwar in der Nähe von Görlitz, tritt der Zechstein zu Tage. Bei Memel ist derselbe erbohrt worden. In Holstein ist er durch den Anhydrit und Gyps des Kalkberges von Segeberg und Stipsdorf, ferner durch Stinkkalke und rote Mergel (Lieth bei Elmshorn, ebenso auch in Stade) und durch ein denselben eingeschaltetes Steinsalzlager vertreten. Auf Helgoland bilden rotbraune Zechsteinletten die Basalschichten der Insel.

In Süddeutschland hat das Rotliegende eine ziemlich bedeutende Verbreitung. So zieht es sich vom Thüringer Walde aus in einem schmalen, durch Überlagerung von seiten jüngerer Gebilde zerstückelten Streifen längs des Südwestrandes des Fichtelgebirges und des Böhmer Waldes bis nach Bayern hinein. Eines der größten Rotliegenden-Territorien breitet sich südlich vom Hunsrück aus (Saar-Becken), wo es die productive Kohlenformation überlagert und im engsten Anschluss an diese einige schwache Kohlenflötze führt (s. S. 495). Auch im Spessart, im Odenwalde und Schwarzwalde sowie in den Vogesen besitzt das Rotliegende, am Rande des ersteren auch der Zechstein, eine nicht unbeträchtliche Verbreitung. Das südlichste Vorkommen des letzteren ist dasjenige der Umgegend von Heidelberg.

Die permische Formation Englands. Die permischen Gebilde Englands und zwar namentlich Nordenglands zerfallen ganz übereinstimmend mit denen Deutschlands in zwei selbständige Formationsglieder, den Lower

New Red Sandstone und den Magnesian Limestone. Ersterer, das englische Rotliegende, besteht, wie sein Name andeutet, vorwiegend aus dunkelroten, groben Sandsteinen, zwischen welchen Schieferletten, weniger häufig auch Conglomerate, Breccien und Melaphyre eingelagert sind. Sie enthalten die Abdrücke von Landpflanzen und auch wohl schwache Kohlenflötze. Der Lower New Red Sandstone erreicht local eine Mächtigkeit von 500 m, und ist auf der productiven Kohlenformation im allgemeinen discordant aufgelagert. Auch die Gliederung des Magnesian Limestone zeigt eine überraschende Übereinstimmung mit der des thüringischen Zechsteines und beginnt mit einem bis 4 m mächtigen bituminösen Mergelschiefer, welcher unserem Kupferschiefer entspricht und wie dieser *Palaeoniscus* und *Platysomus* führt. Darauf folgt grauer oder gelber, dichter, oft bituminöser, dünn geschichteter Kalkstein (Zechstein) mit *Productus horridus* Sow., *Spirifer undulatus* Sow., *Schizodus obscurus* Sow. u. a., 60 bis 70 m mächtig, darauf Dolomit, Rauchwacke und Asche mit denselben Resten und zu oberst Dolomit, Stinkkalk, Mergel, Gyps, Letten, zum Teil mit *Avicula speluncaria* Schloth. und *Schizodus obscurus* Sow., in einer Gesamtmächtigkeit von etwa 150 m.

Das Perm Frankreichs. In Frankreich sind permische Gebilde namentlich im Central-Plateau und zwar vorzüglich in der Gegend von Autun, St. Etienne und Lodève verbreitet. Hier gliedern sie sich nach Grand' Eury und Bergeron wie folgt:

3. Ober-Rotliegendes.

Rote Conglomerate, Sandsteine und Mergel.

2. Mittel-Rotliegendes.

b) Sandsteine mit Schieferthonen, Brandschiefer und Bogheadkohle von Millery. Sie führen *Callipteris conferta*, *Walchia filiciformis* und *Labyrinthodonten*, so *Actinodon*, *Euchyrosaurus* und *Stereorhachis* Gaudry, ferner von Fischen *Palaeoniscus*, *Acanthodes*. — Walchiensandsteine.

a) Schichten von Muse mit *Cal. conferta*, *Odontopt. obtusiloba*, *Cal. gigas*. — Fischeschiefer von Lodève.

1. Unter-Rotliegendes.

Sandsteine mit Schieferthonen und Steinkohlenflötzen von Jgornay. Sie führen: Sigillarien und zahlreiche andere carbonische Pflanzen, außerdem Walchien, sowie Stegocephalen, so *Protiriton* und *Pleuronura* (Permo-Carbon).

In den Südtiroler Alpen ist das Perm repräsentiert durch mächtige, dem deutschen Rotliegenden äquivalente, rote Sandsteine, diese local mit Walchien (Grödener Sandsteine), zu unterst mit Porphyren und Tuffen, unter welchen ein auch als Verrucano bezeichnetes Grundconglomerat lagert. An der oberen Grenze der Grödener Sandsteine stellen sich als Vertreter des Kupferschiefers local weiße Sandsteine oder an deren Stelle dickbankige Dolomite (Val Trompia) ein, beide mit *Ullmannia*, *Voltzia* und Walchien. Auf sie folgen Letten und Gypse und schließlich die Bellerophon-Kalke, mit einer reichen, an die des Zechsteines erinnernden Fauna.

Die permische Formation in Centralrussland. Auch die der deutschen Dyas entsprechenden Gebilde des europäischen Russlands lassen im ganzen eine Zweiteilung in eine untere, namentlich Landpflanzen führende, und eine obere Schichtengruppe mit größtenteils marinen Resten nicht verkennen, trotzdem dort die Gesteine, welche in Deutschland jede einzelne der beiden Abteilungen aufbauen, beinahe regellos mit einander wechsel-lagern.

Die untere Stufe dieser russischen Permformation besteht aus roten, braunen und grauen Sandsteinen und Mergeln, nebst Conglomeraten und nicht selten mit schwachen Kohlenflötzen, führt *Tubicaulis*, *Calamites* (*C. gigas* Bronn), *Cyclopteris*, *Odontopteris*, *Pecopteris*, *Callipteris* (*C. conferta*), *Palaeoniscus* und Saurierreste und ist demnach ein Äquivalent des Rotliegenden, umschließt jedoch auch Kalksteinbänke und Mergel, welche reich an z. B. *Productus Cancrini* Vern., also marinen Resten sind. Die Sandsteine zeichnen sich besonders in ihren oberen Niveaus durch ihren Reichtum an Kupfererzen (namentlich Malachit, Kupferlasur, Volborthit) aus, welche die Bezeichnung Kupfersandstein veranlassten und als Cement des Sandsteines, in ihm fein eingesprengt, nesterförmig eingelagert, oder endlich als Versteinerungsmittel zahlreicher Pflanzenreste auftreten. Auf diese Schichtengruppe folgt eine zweite von Thonen, Kalksteinen, Mergel, Gyps und Steinsalz. Sie führt *Productus Cancrini* Vern., *Prod. horridus* Sow., *Gervillia ceratophaga* Schloth., *Camarophoria* Schlotheim v. Buch, *Terebratula elongata* Schloth., *Lingula Credneri* Gein., *Strophalosia*, *Spirifer*, *Schizodus*. Zwischen diesen marinen Gebilden treten jedoch Sandsteinschichten mit *Neuropteris*, *Pecopteris*, *Odontopteris* eingeschaltet auf. Beide werden von mächtigen, versteinungsleeren bunten Mergeln überlagert, welche den Übergang zur Trias bilden.

Die Schichten dieser permischen Facies sind in Russland über ein Areal von mehr als 45000 Quadratmeilen verbreitet, erstrecken sich vom Fuße des Ural bis nach Moskau und bilden den größten Teil des europäischen Russlands. Sie liegen fast horizontal, nur sehr gering gegen die Mitte geneigt, so dass sie ein ungeheures, flach tellerförmiges Bassin repräsentieren.

In Kurland und Litaun tritt Zechstein, freilich gering verbreitet, in einer Facies auf, welche sich auf das engste an die deutsche anschließt.

Im Osten Nordamerikas wird die permische Formation durch dem Rotliegenden entsprechende, sich innig an die obere productive Kohlenformation anschließende Complexe von Sandsteinen mit Kalksteineinlagerungen und schwachen Kohlenflötzen, sowie von rotem Schieferletten und Sandstein (*Barren- Coal-Measures*) vertreten, welche eine aus carbonischen, permischen und mesozoischen Typen gemischte Flora (mit *Callipteris conferta*) führen.

B. Die pelagische Facies des Perm.

Im Gegensatz zu der Binnenentwicklung des Perm kennzeichnet sich dessen pelagische Facies durch den Mangel grobklastischer Gesteine und die Seltenheit der Reste von landbewohnenden Pflanzen und Tieren, dahingegen durch die Führung einer reichen oceanischen Tierwelt, die in engstem Anschlusse steht an diejenige der obercarbonischen Meere, zugleich aber die marine Fauna der Trias vorbereitet, also das Bindeglied zwischen den paläozoischen und mesozoischen Faunen repräsentiert. Das für sie Charakteristische besteht in der Vergesellschaftung von Brachiopoden (*Productus*, *Chonetes*, *Oldhamia*, *Leptaena*, *Orthis*), Zweischalern und Gastropoden (*Bellerophon*) von zum großen Teile noch paläozoischem Habitus, sowie von

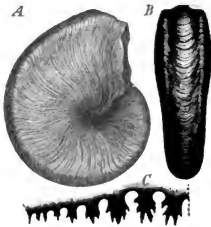


Fig. 337. *Popanoceras multistriatum* Gem.
A von der Seite; B von hinten; C Lobenlinie.



Fig. 338. *Cyclolobus* Stachel Gemm.

Nautileen (*Orthoceras*, *Gyroceras*) und den letzten Vertretern von *Fusulina* und *Phillipsia* mit Vorläufern der triadischen Ammoniten, nämlich mit *Popanoceras* (Fig. 337), *Cyclolobus* (Fig. 338), *Xenodiscus*, *Medlicottia*, *Agathiceras* u. a.

Dem permischen Oceane mit obiger Fauna entstammen als Vertreter der pelagischen Facies des Perm die Ablagerungen folgender Gebiete: der Salt-Range in Indien; mittlerer und oberer *Productus*kalk (Waagen);

der Sundainseln Timor und Rotti (Rothpletz);

in Buchara bei Darwas und am Syr Darja bei Djulfa (v. Mojsisovics);

des Westabfalles des Urals bis zum Eismeere, artinskische Stufe (Karpinsky, Tschernyschew);

auf Sicilien, im Val Sosia (v. Mojsisovics, Gemmellaro);

in Texas, Wichita-beds (White);

in Kansas und Nebraska am Ostabfalle der Rocky Mountains (Geinitz).

Wie sich aus der Verteilung dieser pelagischen Permablagerungen offenbart, erstreckte sich das Meer, dem sie entstammen, in ost-westlicher

Richtung durch den Süden des jetzigen nordamerikanischen Continentes, durch die europäischen Mittelmeerländer und Indien nach den heutigen Sundainseln und sandte von seiner äquatorialen Haupterstreckung breite nördliche Arme in die Striche des Ural und der Rocky Mountains aus.

Rückblick auf die Entwicklung des organischen Lebens während der paläozoischen Zeitalter. Die Wurzeln des organischen Lebens, die tief aus den ältesten Formationen heraufzusteigen scheinen, sind uns verborgen, erst im Cambrium tritt uns dasselbe bereits zu verhältnismäßiger Fülle und Mannigfaltigkeit gelangt entgegen. Trilobiten aus der Familie der Oleniden, hornschalige Brachiopoden sind seine Hauptelemente. Auf die Existenz von Festland weisen nur mächtige und weitverbreitete Conglomerate, ferner Transgressionen und Faciesbildungen einzelner Abteilungen des Cambriums hin. Auch die silurischen Continente waren fast noch nackt und erzeugten nur hier und dort vereinzelte Skorpione. Das Meer hingegen barg ein höchst mannigfaltiges Leben, doch waren Spongien, Cystideen und Crinoideen, tabulate und rugose Korallen, Graptolithen, horn- und kalkschalige Brachiopoden, wenige Zweischaler und Gastropoden. ferner formenreich entwickelte Nautilen und Trilobiten, sowie Eurypteriden, also lauter wirbellose Tiere, die ausschließlichen Bewohner der silurischen Oceane. Erst nahe dem Wendepunkte zwischen Silur und Devon erstehen, wenigstens im europäischen Silurgebiete, in einigen Fischen (Selachiern und Placodermen) die ältesten Wirbeltiere. Die devonischen Continente erzeugen die ersten häufigeren Landpflanzen, und zwar wesentlich nur Gefäßkryptogamen; in den gleichalterigen Seen und Buchten erlangen die bis dahin sparsamen Fische, namentlich durch die Entwicklung der abenteuerlichen Familie der Panzerfische, sowie der Crossopterygier und Haie, einen größeren Formenreichtum; im Meere erscheinen in Goniatites und Clymenia die Vorläufer der mesozoischen Heerschaar von Ammonoiten. Während des carbonischen Zeitalters entfaltet sich die aus dem Devon überkommene Flora zu einer wunderbaren Üppigkeit, welche sich aber mehr in der Menge und Riesenhaftigkeit der Individuen als in der Mannigfaltigkeit der Formen kundgibt, — ist sie doch noch auf Gefäßkryptogamen, wenige Coniferen und einige Cordaiten und Cycadeen beschränkt und schließt angiosperme Dicotyledonen noch vollständig aus. Dahingegen sind die carbonischen Moräste und dschungelartigen Dickichte die Wohnstätten der ältesten luftatmenden Wirbeltiere, nämlich der Stegocephalen. — und endlich die Sümpfe und süßen Gewässer der permischen Periode die Heimat der ersten Saurier, formenreicher Stegocephalen und zahlreicher kleinschuppiger heterocercale Ganoiden, während sich gleichzeitig die Ammonoiten des offenen Meeres durch Annahme verwickelterer Suturen bereits den typischen mesozoischen Ammoniten mehr und mehr nähern. Kurz, jede

der paläozoischen Perioden wird durch einen Fortschritt in der Stufenleiter des organischen Lebens gekennzeichnet, wenn sich auch noch keine zur Erzeugung von angiospermen Dicotyledonen, von Knochenfischen und warmblütigen Wirbeltieren emporzuschwingen vermochte.

Die fortschrittliche Entwicklung des organischen Lebens, welche schließlich in der Jetztzeit ihren Gipfelpunkt finden sollte, äußerte sich jedoch nicht allein im Auftreten neuer Gestalten, sondern auch gleichzeitig in dem Aussterben sich gewissermaßen überlebt habender, älterer Formen. So verschwinden am Ende der paläozoischen Zeitalter die Lepidodendren, Sigillarien, Calamiten, Sphenophyllen, sowie die große Mehrzahl der Farne, welche im Devon erstehen und in der carbonischen Periode das Maximum ihrer Entwicklung erreichen, wieder von der Weltbühne. Die Lebensfähigkeit der Graptolithen erlischt mit dem Silur, die der Cystideen, Blastoideen und Palechiniden mit der carbonischen und permischen Periode. Ebenso ist die Existenz der zahlreichen rugosen und tabulaten Korallen, sowie vieler Brachiopodengattungen, z. B. Strophomena, Orthis, Atrypa, Pentamerus, Productus, Stringocephalus, Uncites, endlich diejenige der mehr als 1700 Species von Trilobiten ausschließlich auf das paläozoische Zeitalter beschränkt. Dasselbe gilt von den Goniatiten und Clymenien, von den Eurypteriden und von den Panzerfischen, während die heterocercalen kleinschuppigen Ganoiden am Ende der paläozoischen Periode bis auf wenige Arten verschwinden, die erst im Verlaufe des mesozoischen Zeitalters aussterben.

An Stelle der mit der paläozoischen Periode erlöschenden Tiere und Pflanzen tritt eine neue, abwechselungsreichere und, in ihrer Gesamtheit aufgefasst, höher organisierte Welt. Ihr Erscheinen ist für die Erde der Beginn einer neuen, der mesozoischen Ära.

C. Die mesozoische Formationsgruppe.

Die mesozoische Formationsgruppe ist eine über 3000 m Mächtigkeit erreichende Schichtenreihe von vorherrschenden Sandsteinen, Kalksteinen, Dolomiten, Mergeln, Schieferthonen und plastischen Thonen nebst Steinkohlen, Gyps und Steinsalz, deren Ablagerung in eine Zeit fällt, in welcher die Pflanzenwelt namentlich durch gymnosperme Dicotyledonen, also Coniferen, vor allem aber durch Cycadeen und neben diesen durch Farne, — die Tierwelt durch Korallen, die dem Typus der Jetztzeit angehören (also solche mit sechsstrahligem Bau, Hexacoralla), echte Seeigel, zahlreiche Gastropoden und Zweischaler, namentlich aber durch über 5000 Species der höchst stehenden Mollusken, der Ammoniten und Belemniten, endlich durch Ganoiden, sowie hai- und rochenartige Knorpelfische, ferner durch gepanzerte Amphibien, Labyrinthodonten, und

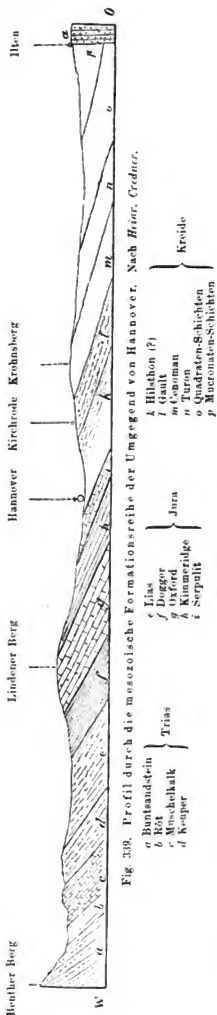


Fig. 339. Profil durch die mesozoische Formationsreihe der Umgegend von Hannover. Nach Heintz, Creditur.

durch Reptilien repräsentiert wird. Letztere erreichen jetzt ihren größten Formenreichtum und z. T. colossale Riesengestaltung und sind vorzugsweise vertreten durch die meerbewohnenden Ichthyosaurier und Sauropterygier (Ichthyosaurus, Nothosaurus, Lariosaurus, Plesiosaurus, Placodus), durch flatternde Pterosaurier (Pterodactylus, Rhamphorhynchus), durch Krokodilier (Belodon, Aëtosaurus, Teleosaurus, Geosaurus), durch Dinosaurier (Zanclodon, Brontosaurus, Compso-gnathus, Stegosaurus, Iguanodon) und endlich durch Schildkröten. Gefäßkryptogamen, Brachiopoden, Nautileen, Crinoideen, welche während der paläozoischen Perioden den Gesamthabitus der damaligen organischen Welt bestimmten, treten stark zurück. Dahingegen fällt in die mesozoischen Zeitalter namentlich auch das Auftreten der ersten angiospermen Dicotyledonen und der ersten Knochenfische, Vögel und Säugetiere.

Die mesozoische Formationsgruppe zerfällt in:

3. die Kreide,
2. den Jura,
1. die Trias.

Die Trias.

Die Trias eröffnet die Reihe der mesozoischen Formationen (siehe Fig. 339) bildet also das Hangende des oberen Perms und das Liegende des unteren Jura, wo sie im Verbande mit einem dieser beiden oder zugleich mit beiden Schichtensystemen auftritt, hat sich aber innerhalb fast jedes einzelnen ihrer Bildungsräume in einer von den übrigen abweichenden Facies entwickelt. In Deutschland gliedert sie sich in zwei Sandstein- und Lettenformationen, vorwiegend mit Resten von Landbewohnern, beide getrennt durch eine Kalkformation mit einer

Meeresfauna, welche sich trotz Armut an Formen, durch Reichthum an Individuen auszeichnet (deutsche oder germanische Trias). In England fehlt diese kalkige Schichtengruppe (der Muschelkalk), ebenso im Osten von Nordamerika und im Süden von Afrika.

An Stelle dieser sämtlichen Gebilde tritt uns zunächst in den Alpen, dann an zahlreichen Stellen in Südeuropa, Indien, Centralasien, Neuseeland, Japan, Sibirien und dem Westen von Amerika eine wesentlich kalkig-dolomitische Schichtenreihe von z. T. enormer Mächtigkeit und mit einer Fülle mariner Reste entgegen, welche mit den deutschen, sowie mit den ihnen entsprechenden englischen, ostamerikanischen und südafrikanischen Ablagerungen nur wenig Züge gemeinsam hat. Im Laufe der letzten Jahrzehnte hat sich herausgestellt, dass diese anfänglich für Localbildungen gehaltenen alpinen und die ihnen ähnlichen außeralpinen Complexe die eigentlichen, allgemein verbreiteten, continurlichen Meeresniederschläge, also die normale pelagische Facies der Trias repräsentieren, während die deutschen und die übrigen ihnen mehr oder weniger ähnlichen Ablagerungen nur ebenso viele räumlich beschränkte Localfacies, nämlich solche der Flachsee, der Buchten und der angrenzenden Ufer des Triasoceans sind. Die Trias der Alpen u. s. w. verhält sich demnach zur deutschen Trias ungefähr wie der Kohlenkalk zur productiven Steinkohlenformation und wie das pelagische Perm zur Dyas (S. 464 u. 488).

Der Ausgangspunkt für die Kenntnis der Trias war jedoch die deutsche; sie hat dieser Formation den Namen gegeben und heute noch ist ihre Gliederung maßgebend für diejenige der außerdeutschen Äquivalentgebilde.

A. Die Binnenfacies der Trias.

Die deutsche Trias.

Litteraturangaben über die deutsche Trias:

- H. Eck. Die Formation des bunten Sandsteines und Muschelkalkes in Oberschlesien. Berlin 1865.
- F. Nötling. Die Entwicklung der Trias in Niederschlesien. Z. d. D. geol. Ges. 4880. S. 300.
- H. Eck. Rüdersdorf u. Umgebung. Abh. z. geol. Specialkarte v. Preußen. Bd. I. 4. Berlin 1872.
- E. Carthaus. Die Triasformation im nordöstl. Westfalen. Würzburg 1886.
- W. Frantzen. Gliederung des Unt. Muschelkalkes in Westfalen und Hannover. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1888. S. 453.
- Heinr. Credner. Versuch einer Bildungsgeschichte der geognost. Verhältnisse des Thüringer Waldes. Gotha 1855. Ferner dessen Aufsätze im N. Jahrb.
- K. von Seebach. Die Conchylien-Fauna der Weimariischen Trias. Berlin 1862.
- E. E. Schmid. Über den unteren Keuper des östl. Thüringens. Abh. z. geol. Specialkarte von Preußen. 1874. — Das ostthüringische Röt. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1881.

- S. 92. — Die Wachsenburg. ebend. 1883. S. 267. — Der Muschelkalk des östlichen Thüringens. Jena 1876.
- M. Bauer. Über die geol. Verhältnisse der Seeberge und des Galberges bei Gotha. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1884. S. 4.
- R. Wagner. Buntsandst. u. Muschelkalk bei Jena. Jahresber. d. Ackerbauschule zu Zwätzen b. Jena. 1887.
- S. Passarge. Der Röt im östl. Thüringen. Jena 1894.
- J. G. Bornemann. Beitr. z. Kenntniss des Muschelkalkes in Thüringen. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1885. S. 267. — ebend. 1883. S. 383, 1885. S. 267. — Über den Muschelkalk. ebend. 1888 S. 417.
- W. Frantzen u. A. v. Koenen. Gliederung des Wellenkalkes im mittl. u. nordw. Deutschland. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1888. S. 440.
- A. Tornquist. Der Gypskeuper von Göttingen. Göttingen 1892.
- R. Kluth. Der Gypskeuper im mittleren Wesergebiet. Göttingen 1894.
- H. Pröscholdt. Beitr. z. näheren Kenntniss des unt. Muschelkalkes in Franken und Thüringen. Progr. der Realschule. Meiningen 1879. — Ders. Die Marisfelder Mulde. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1882. S. 190. — Ferner: ebend. 1884. S. 239. Gliederung des Buntsandsteines. Z. d. D. geol. Ges. 1887. S. 343.
- W. Frantzen. Übersicht der geol. Verh. bei Meiningen. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1882. S. 47. — ebend. 1881. S. 437. — Über Chirotheriensandstein. ebend. 1883. S. 347. — ebend. 1888. S. 440 u. 453.
- H. Loretz. Keuper bei Coburg. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1894. S. 440.
- C. W. Gumbel. Die geogn. Verh. des fränkischen Triasgebietes. Bavaria. Bd. IV. Heft 41. 1865. — Geogn. Beschr. des Fichtelgebirges. Gotha 1879. S. 590.
- A. Schenk. Fossile Flora der Grenzsichten des Keupers und des Lias Frankens. Wiesbaden. 1867.
- Fr. Sandberger. Die Gliederung der Würzburger Trias u. ihre Aequivalente. Würzb. naturw. Zeitschr. Bd. VI. 1868. S. 434. (S. auch N. Jahrb. 1868. S. 234, 362 u. 623.) Die Trias im mittleren Maingebiete. Gemeinnützige Wochenschr. 1882. Nr. 4 — 6. Übersicht d. Versteinerungen d. Trias Unterfrankens. Würzb. 1890.
- F. v. Alberti. Überblick über die Trias. Stuttgart 1864.
- H. Thürach. Gliederung des Keupers im nördl. Franken. Geognost. Jahreshefte, Kassel 1888. S. 75. u. 1889. S. 1.
- H. Eck. Beitrag zur Kenntniss des süddeutschen Muschelkalkes. Z. d. D. geol. Ges. 1880. S. 32. — Buntsandstein im Odenwald. ebend. 1884. S. 464. — Das Lager des Cerat. antedens. ebend. 1885. S. 466. — Erläut. z. geogn. Karte v. Lahr. Lahr 1884. S. 83.
- Th. Engel. Geogn. Wegweiser durch Württemberg. 2. Aufl. Stuttgart 1896.
- E. W. Benecke u. E. Cohen. Geogn. Beschr. d. Umg. v. Heidelberg. Straßburg 1881. S. 294—463.
- F. Schalh. Beiträge zur Kenntniss der Trias am südöstl. Schwarzwalde. Schaffhausen 1873. — Der obere Buntsandstein, Muschelkalk u. Keuper v. Mosbach u. Kappena. Mitt. d. Bad. geol. La. B. II. S. 497.
- E. W. Benecke. Über die Trias in Elsass-Lothringen und Luxemburg. Abh. zur. geol. Spec.-Karte v. Els.-Lothr. Straßburg 1877. — Über den Buntsandst. v. Weissenburg. Mitt. d. geol. La. v. Els.-Lothr. Bd. I. 1886.
- E. Schumacher. Der untere Muschelkalk im n. ö. Deut. Lothringen. Mitt. d. geol. La. v. Els.-Lothr. II. 1889. S. 444.
- A. Steuer. Der Keupergraben von Balbronn. ebend. Bd. IV. 1896. S. 495.
- A. Leppia. Über den Buntsandstein im Haardtgebirge. Geogn. Jahreshefte. Bd. I. Kassel 1888. S. 39.

- E. Weiß. Gliederung der Trias im Saarbrückenschen. N. Jahrb. 1869. S. 245. — Z. d. geol. Ges. 1869. S. 337. — Erlaut. z. geol. Specialk. v. Preußen. Blatt Hamweiler, Bouss, Dudweiler u. a.
- G. Meyer. Lagerungsverh. d. Trias am S.-Rande des Saarbr. Steinkohlengeb. Mitt. d. geol. La. v. Els.-Lothr. Bd. I. 1886. S. 4.
- H. Grebe. Die Triasmulde zwischen Hunsrück und Eifel-Devon. J. d. k. pr. geol. La. 1883. S. 462.
- M. Blanckenhorn. Die Trias am Nordrande d. Eifel. Abh. z. geol. Specialk. von Preuß. Bd. VI. 2. Berlin 1885. — Derselbe. Die foss. Flora des Buntsandst. u. d. Muschelkalkes v. Commern. Palaeontogr. Bd. XXXII.

Die deutsche Trias besteht aus drei von einander durch petrographische und zum Teil auch paläontologische Eigentümlichkeiten ziemlich scharf



Fig. 340. Profil durch die Trias am Südabhange des Odenwaldes. Nach E. W. Benecke.
1 Buntsandstein. — 2, 3 u. 4 Muschelkalk: 2 Wellenkalk; 3 Anhydritgruppe; 4 oberer Muschelkalk.
— 5—11 Keuper: 5 Lettenkohलगruppe; 6 Untere Mergel und Gyps; 7 Keuperwerkstein; 8 Gruppe der roten Mergel; 9 Bunte Mergel und Kiesel sandstein; 10 Knollenmergel; 11 Bonebed-Sandstein.

getrennte Unterabteilungen, und zwar (siehe Fig. 339 und 340) von oben nach unten in:

3. Keuper, eine Mergel-, Gyps- und Sandsteinbildung mit vorwaltenden Resten von Bewohnern des Landes, sowie von solchen des Litorals.

2. Muschelkalk, eine marine Kalksteinformation mit Resten von Meeresbewohnern.

1. Buntsandstein (Bunter Sandstein), eine Sandsteinformation mit Resten von Bewohnern des seichten Meeres und des Landes.

1. Der Buntsandstein.

Petrographischer Charakter. Wie der Name dieser Schichtengruppe andeutet, besteht dieselbe vorwaltend aus sehr verschiedenartig gefärbten Sandsteinen. Dieselben sind fast durchweg Quarzsandstein mit thonigem, kieseligem oder eisenschüssigem Bindemittel und abhängig von diesem zum Teil fest bis quarzitartig, zum Teil weich und zerreiblich, ja locker und an der Luft zu losem Sande zerfallend. Das kieselige Cement bildet zuweilen winzige wasserhelle Quarzkryställchen auf der Oberfläche der rundlichen Quarzkörnchen, namentlich des mittleren Buntsandsteins. Auch die Färbung der Sandsteine wird von dem Cemente bedingt und ist vorherrschend rothbraun, gelb, grünlich, weiß oder buntgesprenkelt und gefleckt. Der untere weiße Buntsandstein des Thüringer Waldes und des

Werrathales ist so reich an Kaolin, dass auf dessen Gewinnung die ganze Porzellanmanufactur jener Gegend beruht.

Der Bunte Sandstein besitzt eine sehr deutliche Schichtung, mit welcher nicht selten ein plötzlicher Wechsel der Gesteinsfarbe Hand in Hand geht, wodurch sie noch deutlicher hervorgehoben wird. Die Schichten sind zum großen Teile mehrere Fuß mächtig, weniger häufig plattenartig, also nur etwa zollmächtig, oder endlich, besonders in den oberen Niveaus des Buntsandsteines, sobald sich zahlreiche Glimmerblättchen zu den Sandkörnern gesellen, dünnstieferig. In ersterem Falle zeigen sie nicht selten die Erscheinung der Diagonalstructur (Fig. 344) oder der discordanten Parallelstructur*).

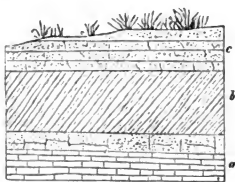


Fig. 344. Profil oberhalb Sühler Neudorf im Thüringer Walde. (H. Crd.)
a Braunroter, plattenförmiger Sandstein. —
b Discordant-schieferiger, rot- und weiß-
gestreifter Sandstein. — c Grauer Mergel-
sandstein.

Die Sandsteine umschließen so häufig rundliche oder eckige Partien von Thon (Thongallen), dass diese als eine ganz charakteristische Eigentümlichkeit des Buntsandsteines zu betrachten sind. Oftmals lagerte sich infiltrierte Kieselsäure über die

Quarzkörner, ringsum ausgebildete Quarzkrystalle mit eingeschlossenen Körnern erzeugend. Solche krystallinische Quarzsandsteine sind in Thüringen, in der Rhön, im Schwarzwalde und in den Vogesen verbreitet.

Nächst den Sandsteinen sind es besonders rote und bunte Schieferletten, Thone und Mergel und eingelagert in diesen Gyps, welche einen wesentlichen Anteil an der Zusammensetzung der Buntsandsteinformation nehmen, deren oberste Abteilung, der Röt, in Mittel- und Norddeutschland fast ausschließlich von ihnen gebildet wird. Letzterer umschließt bisweilen, so bei Arnstadt, bei Schöningen im Braunschweigischen, bei Hannover, bei Salzgitter mächtige Einlagerungen von Steinsalz. Conglomerate spielen meist nur eine untergeordnete Rolle in der hier besprochenen Schichtenreihe. — Rogenstein bildet am Nord-, Ost- und Südrande des Harzes in dem unteren Buntsandstein teils mächtige Lagerzonen, teils starke Bänke, welche jedoch am südlichen Harz ihre Mächtigkeit verlieren und etwas westlich von Nordhausen ganz verschwinden. Anderwärts ist derselbe nur noch im unteren Buntsandstein von Rüdersdorf bekannt. Dolomit tritt in vielen Gegenden in Form schwacher Bänkchen untergeordnet zwischen den Mergeln des Röt und den Letten des unteren Buntsandsteines auf. Sehr häufig (z. B. bei Waltershausen und am Singerberge im Thüringer Walde, sowie in Franken) sind die Schichtungsflächen der dünngeschichteten, mer-

* W. Frantzen. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1892. S. 438.

geligen Sandsteine des oberen Buntsandsteines von würfeligen Pseudomorphosen nach Steinsalz bedeckt, welche augenscheinlich dadurch entstanden sind, dass sich Kochsalzkrystalle aus verdunstenden Pfützen am Meeresstrande auf deren Boden abschieden, später von Schlamm bedeckt, wieder aufgelöst, weggeführt und von Schlammmasse ersetzt wurden.

Erzföhrung. Der Buntsandstein ist zuweilen das Muttergestein von Erzen. Dies ist z. B. bei Commern in der preußischen Rheinprovinz der Fall. Dort lagern die schwach nach Norden fallenden Schichten des Buntsandsteines unmittelbar auf Unterdevon auf und bestehen aus wechselagernden Conglomeraten und feinkörnigen, weißen, lockeren Sandsteinen in einer Mächtigkeit, welche 40 m erreicht. Sie sind mit 4—8 mm großen Körnern von Bleiglanz (Knottenerz) in überraschender Gleichmäßigkeit erfüllt und repräsentieren eine der wertvollsten Bleierzlagerstätten Deutschlands. Unter ganz analogen Verhältnissen treten Bleiglanz und Weißbleierz im Buntsandsteine bei St. A völd westlich von Saarbrücken auf. Bei Twiste unweit Arolsen enthält der Buntsandstein in einer Mächtigkeit von 3—4 m Imprägnationen von Kupferglanz, namentlich aber Malachit, welche sich vorzugsweise auf den feinen Klüften in diesem Gesteine concentrirt haben, in deren Nähe der sonst rotbraune Sandstein gebleicht ist. In ähnlicher Weise treten bei Bulach im württembergischen Schwarzwalde Fahlerz, Kupferlasur und Malachit im Buntsandsteine auf und sind in früheren Zeiten das Object eines Bergbaues gewesen, ferner Gänge von Schwerspat und Eisenerz.

Paläontologischer Charakter. Der Buntsandstein ist gewöhnlich sehr arm an organischen Resten, nur einzelne Gegenden und Schichten (z. B. am westlichen Fuße der Vogesen, im Elsass, in Baden, bei Bernburg, in Oberschlesien) machen davon eine Ausnahme, indem gewisse Sandsteine, Mergel und Schieferthone eine ziemliche Menge pflanzlicher, die Dolomite einige tierische Reste bergen. Einige der wichtigsten und zum Teil sehr charakteristischen Pflanzenformen sind: *Equisetum Mougeoti* Schimp. und, ebenfalls zu den Equisetaceen gehörig, *Schizoneura paradoxa* Schimp., deren nicht seltener Holzkörper sich von *Equisetum* durch viel breitere Längsrippen unterscheidet, ferner zwei Farne: *Anomopteris Mougeoti* Schimp. und *Caulopteris Voltzi* Schimp., endlich einige Abietiden, nämlich *Albertia elliptica* Schimp. und *Voltzia heterophylla* Brongn. (Fig. 342), erstere mit breiten elliptischen, letztere an den jüngeren Zweigen mit langen, linearen, an den älteren Zweigen mit pfriemigen, kurzen Blättern.

Tierische Überreste sind vorzugsweise aus den oberen Horizonten des Buntsandsteines bekannt. Das hier sehr häufige *Rhizocorallium Jenense* Zenk. wird als ein Hornschwamm gedeutet. Dem mittleren Buntsandstein Norddeutschlands gehört *Gervillia Murchisoni* an. Ein durch fast ganz Deutschland weitverbreitetes Leitfossil des oberen Buntsandsteines, des Röt,

ist *Myophoria costata* Zenk. sp. (*M. fallax* Seeb., Fig. 343) und *Modiola hirudiniformis* v. Schl. Neben ihnen erscheinen schon hier

mehrere Arten der späteren Muschelkalkfauna. Selten, aber von Bedeutung ist *Ammonites* (*Beneckeia*) *tenuis* v. Seeb. Verbreitet ist ferner *Estheria Albertii* Voltz. Ganz eigentümlich ist die Häufigkeit von Fährten riesiger Amphibien im oberen Buntsandsteine (Fig. 344). Sie bestehen aus den Fußtapfen eines seinen Äußeren und seinem Baue nach unbekannten,



Fig. 342. *Voltzia heterophylla* Brongn.
Endzweig, Mittelzweig, Fruchtzweig.

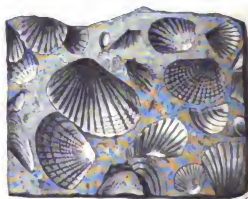


Fig. 343. *Myophoria costata* Zenk. sp.
Nach F. Römer.

Chirotherium genannten Labyrinthodenten, die sich z. B. unweit Hessberg bei Hildburghausen, bei Jena und Kahla, bei Karlshafen an der Weser, bei Kissingen, Würzburg, im Tauberthale und am südlichen Schwarzwalde im oberen Buntsandstein finden, und deren Urheber den triadischen Meeresstrand in großer Menge belebt haben müssen. Diese Fußtapfen und deren auf der ihnen zugekehrten Fläche der nächsten Schicht befindlichen, durch Ausfüllung der Eindrücke entstandenen reliefartigen Abgüsse lassen auf das deutlichste erkennen, dass die sie verursachenden Tiere fünfzehige, aber ungleich große, größere hintere und kleinere vordere Füße besessen haben. In demselben Horizonte finden sich in der Umgebung von Bernburg die ausgezeichnet erhaltenen Schädel zweier Labyrinthodenten *Trematosaurus Brauni* Burm. und *Capitosaurus nasutus* v. M., bei Herzogenweiler im südlichen Schwarzwalde Reste von *Tremat. Fürstenberganus* v. M. Aus dem oberen Buntsandstein von Riechen bei Basel stammt ferner *Labyrinthodon* (*Aristodesmus*) *Rütimeyeri* Wied. Endlich kommen in dem oberen Niveau des Buntsandsteines, so bei Süldorf südwestlich von Magde-

burg und im südlichen Schwarzwalde, Ganoidschuppen in solcher Menge vor, dass sie gewisse Lagen des Sandsteines fast schwarz färben.

Die Fährten, welche die Chirotherien wahrscheinlich während der Ebbezeit in dem frisch abgesetzten Schlamme des triadischen Meeresufers zurückerließen, die netzförmigen Sprünge, welche die mit solchen Fußspuren bedeckten Schichtenflächen kreuzen und nur infolge des Trocknens des bis dahin feuchten Schlammes entstanden sein können, die Wellenfurchen auf denselben Sandsteinen, die Diagonalschichtung vieler Sandsteinbänke, endlich die Reste von Landpflanzen und die von Labyrinthodonten weisen darauf hin, dass die Buntsandsteinformation eine Strandbildung ist.



Fig. 341. a Chirotherium-Fährten auf einer Sandsteinplatte. — b Abdruck eines einzelnen Fußtapfens.

Gliederung des Buntsandsteines. Teils nach Verschiedenheiten in der petrographischen Zusammensetzung der Schichtenreihe des Buntsandsteines, teils nach paläontologischen Anhaltspunkten gliedert sich derselbe in 3 Abteilungen:

Oberer Buntsandstein oder Röt: Bunte Letten und Mergel mit Dolomit, Gyps und Steinsalz, anderenorts zum Teil oder ganz vertreten durch glimmerreiche Thonsandsteine, local mit kalkigen Myophorienbänken (*Myophoria costata*, *Gervillia socialis*, *Lingula tenuissima*, *Ammonites tenuis*), sowie mit Voltziensandstein (*Anomopteris Mougeoti*, *Voltzia*

heterophylla) und Chirotheriensandstein. Die unterste Stufe des Röt ist durch Lagen und Knollen von Dolomit und Karneol ausgezeichnet (Karneolbank).

Mittlerer Buntsandstein: fast ausschließlich bunte, teils grob-, teils feinkörnige, glimmer- und bindemittelarme Sandsteine; in Süddeutschland mit Conglomeraten und geröllführenden Horizonten, sowie mit Pseudomorphosensandstein (Hauptbuntsandstein).

Unterer Buntsandstein: meist feinkörnige Sandsteine mit oder ohne Einlagerungen von Rogenstein, ferner rote Schieferthone, Letten (Brückelschiefer, Leberschiefer).

Die Gesamtmächtigkeit der Buntsandsteinformation schwankt zwischen 200 und 500 m.

Die Tabelle auf S. 524 giebt einen Überblick über die Gliederung des Buntsandsteines in einigen der hauptsächlichsten Districte, in denen derselbe zur Ausbildung gelangt ist.

2. Der Muschelkalk.

Petrographischer Charakter. Der Muschelkalk besteht, wie sein Name andeutet, vorwiegend aus Kalksteinen und zwar zum Teil aus ganz bestimmten Varietäten dieses Gesteines, welche sich in den verschiedenen Verbreitungsgebieten der Muschelkalkformation in ungefähr demselben Niveau wiederholen. Als wichtigste derselben sind zu bezeichnen: Wellenkalk, wulstige, dünne Schichten mit fältelig- oder wellig-runzeliger Oberfläche bildend, — Oolith, aus Kalkkugeln von concentrisch-schaliger Structur bestehend, — Schaumkalk, weich, feinporös, fast schwammig, — Terebratelkalk und Encrinitenkalk (oder Trochitenkalk), ersterer aus dicht auf einander gehäuften Individuen der *Terebratula vulgaris* oder der *Ter. Ecki*, letzterer fast ausschließlich aus Stielgliedern von *Encrinus*-Arten bestehend. Einige Kalksteine des Muschelkalkes enthalten neben kohlensaurem Kalk mehr oder weniger kohlen saure Magnesia und Eisenoxydul oder Thon und gehen daher einerseits in Dolomit, anderseits in Mergel über. Die Mergel erlangen zuweilen eine ziemlich mächtige und selbständige Ausbildung und sind sehr gewöhnlich vergesellschaftet mit Anhydrit, Gyps und Steinsalz, sind dann selbst oft von Salzteilchen vollkommen imprägniert und stehen in diesem Falle dem Salzthone nahe, welcher ebenfalls als fast steter Begleiter des Anhydrites auftritt. Anhydrit, Gyps, Steinsalz und Salzthon bilden in inniger Vergesellschaftung einen wichtigen Schichtencomplex in der mittleren Etage der Formation. Dolomite oder stark dolomitische, zum Teil sehr eisen schüssige Kalksteine finden sich in vielen Regionen der Muschelkalkformation, z. B. in Oberschlesien und Thüringen. In manchen Gegenden beginnt die ganze Schichtenreihe des Muschelkalkes mit einem Complexe von zum Teil

ockerigen, auf ihren Schichtungsflächen wellig gerunzelten Dolomiten, welche einen größeren oder kleineren Teil des Wellenkalkes anderer Gegenden vertreten und Wellendolomite genannt werden.

Einen von dem normalen ganz abweichenden petrographischen Charakter besitzt die Muschelkalkformation im Gebiete der Saar, Mosel und im Luxemburgischen, sowie in der Gegend von Baireuth, wo die untere Abteilung derselben nicht kalkig, sondern sandig ist, so dass man dort von einem Muschel- oder Wellensandstein, d. h. einem Sandsteine mit den organischen Resten des Wellenkalkes sprechen kann.

Manche Schichtungsflächen des Muschelkalkes sind bedeckt mit wurm- oder hufeisenförmigen, seltener spiraligen, fingerdicken Wülsten von Kalkstein, sogenannten »Schlangenhülsten«, welche als versteinerte Hornschwämme (Rhizocorallien) betrachtet werden. Sehr häufig greifen auf einander liegende Kalksteinschichten infolge ungleicher Druckeinwirkung in cylindrischen oder conischen Fortsätzen in einander ein. Die geraden oder gebogenen, längsgestreiften, nach aufwärts oder abwärts gerichteten Kalkcylinder tragen an ihrem Ende gewöhnlich den ihrem Umfang entsprechenden Teil derjenigen schwachen Lettenlage, welche die Kalksteinschichten von einander trennt, beziehungsweise diejenigen festen Körper (Muscheln, Knochen u. s. w.), welche ursprünglich auf den Schichtflächen gelegen hatten; sie werden als Stylolithen bezeichnet und finden sich, wenn auch schon in Kalksteinen älterer Formationen (Silur, Zechstein), doch am schönsten im Schaumkalk von Rüdersdorf und im oberen Muschelkalk von Württemberg. Bei conischer Verzapfung der Kalksteinschichten hat keine Zerreißung, sondern nur eine hohlkegelartige Auftreibung der Lettenlage stattgefunden (selten bei Rüdersdorf beobachtet).

Während der Ablagerung der Trias sind Ergüsse von vulkanischen Gesteinen auf deutschem Boden nicht erfolgt, so dass hier die gesamte triadische Schichtenreihe rein sedimentären Ursprungs ist.

Erzföhrung. Der Muschelkalkformation gehören die Eisenerz-, Bleiglanz- und Zinkerzlagertstätten von Tarnowitz und Beuthen in Oberschlesien, sowie die Galmeivorkommen von Wiesloch in Baden an. Ihre Bildung fällt jedoch keineswegs mit der Ablagerung der sie einschließenden Gesteine des Muschelkalkes zusammen, sondern gehört späteren Zeiträumen an.

In Oberschlesien*) finden sich abbauwürdige Blei-, Zink- und Eisenerzlagertstätten besonders in zwei flachen Mulden des östlichen Muschelkalkgebietes, nämlich in der Tarnowitz-Trockenberger und der Beuthener Mulde und bilden hier mehr oder minder zusammenhängende, oft flötartige Ablagerungen an der Basis, sowie inmitten des Himmelwitzer

*) R. Althaus. Die Erzformation des Muschelkalkes in Oberschlesien. Jahrb. d. k. pr. geol. La. Bd. XII. 1894. S. 37.

Dolomites (siehe S. 534 u. die Tabelle S. 532). Beide führen in dolomitischer Grundmasse entweder nur Bleiglanz und sind dann selten mehr als 4 m mächtig, oder aber wesentlich Zinkerze und erreichen dann viel bedeutendere Mächtigkeit und Ausdehnung. In letzterem Falle besteht das untere Lager vorwiegend aus Zinkblende nebst Schwefelkies und Bleiglanz, das obere fast ausschließlich aus rotem Galmei, d. h. eisenschüssigem, zinkhaltigem Dolomit. Am Ausgehenden vereinen sich beide Lager zu einem einzigen, das stellenweise bis zu 20 m anschwillt und wesentlich aus rotem Galmei und Bleiglanz besteht. Häufig setzt dieser Galmei auf Spalten und Schlotten in den das Liegende bildenden Sohlenkalkstein hinab (Fig. 345, β).

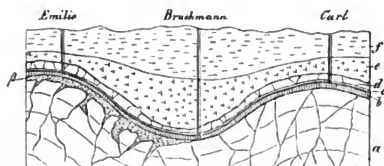


Fig. 345. Profil der Bally-Castle-Grube zwischen Tarnowitz und Beuthen in Oberschlesien. Nach Runge.

α Sohlenkalkstein. — b Roter Galmei. — β Weißer Galmei. — c Bleiglanz. — d Dolomit. — e Brauneisenerz. — f Letten.

In solchen Vorkommnissen, sowie im Liegenden des roten Galmeis am Ausgehenden des Lagers wird der Galmei reiner und dann als weißer Galmei bezeichnet. Mächtige Lager von z. T. zink-, z. T. manganhaltigem, erdigem Brauneisenerz treten an Stelle oder im Hangenden des erzführenden Dolomites, namentlich aber selbständig in Vertiefungen des Sohlenkalksteines auf.

Bei Wiesloch in Baden*) finden sich 5 Erzstöcke, von welchen einer aus Zinkblende mit Bleiglanz und Markasit, die anderen aus Galmei bestehen, als Ausfüllungsmasse von Klüften, welche den dortigen oberen Muschelkalk durchsetzen und sich in gewissen Horizonten und zwar an solchen Stellen, wo sie den Contact von Encrinurenbänken und dichtem Kalksteine kreuzen, unregelmäßig höhlenartig erweitert haben.

Paläontologischer Charakter. Als marine Bildung ist der Muschelkalk, wie zu erwarten, außerordentlich arm an Pflanzenresten, welche sich auf das locale Auftreten von Kalkalgen, nämlich *Gyroporella* im unteren Muschelkalk Oberschlesiens und *Diplopora* im mittleren Muschelkalk von Elsass-Lothringen, ferner auf einige eingeschwemmte Farnwedelfragmente (*Neuropteris Gaillardoti*) und Coniferenreste (*Voltzia Weissmanni*) beschränken. Auch die Fauna des Muschelkalkes ist eine verhältnismäßig nicht sehr

*, A. Schmidt. Die Zinkerz-Lagerstätten von Wiesloch. Heidelberg 1881.

formenreiche, wenn diese Armut auch durch die Fülle der Individuen, in welcher manche Muschelkalkspecies auftreten, weniger auffällig gemacht wird. Die wichtigsten, als charakteristische Leitfossilien zu betrachtenden Vertreter der deutschen Muschelkalkfauna sind von Echinodermen: *Encrinus liliiformis* Lam. (Fig. 346), dessen Kronen selten, dessen Stielglieder außerordentlich häufig sind, — *Encrinus Carnalli* Beyr. — *Aspidura scutellata* Bronn (Fig. 347), eine weitverbreitete Ophiure; — von Brachiopoden: *Terebratula* (*Coenothyris*) *vulgaris* Schloth. (Fig. 348a) nebst ihrer Varietät *cycloides* Zenk. das häufigste Muschelkalkfossil, — *Terebratula Ecki* Frantzen, — *Waldheimia angusta* Schloth., — *Spirigera trigonella* Schloth. (Fig. 348b), — *Spiriferina hirsuta* Alb., — *Spiriferina fragilis* Schloth., — *Spiriferina Mentzeli* v. Buch (Fig. 348c), — *Rhynchonella decurtata* Gir. sp., — *Rhynchonella Mentzeli* Buch sp. (Fig. 348d); — von Zweischalern: *Ostrea placunoides* Münster, eine kleine Auster, welche sehr gewöhnlich auf Ceratiten aufgewachsen vorkommt, — der handgroße *Pecten laevigatus* Bronn (Fig. 349), — der meist kleinere *Pecten discites* Bronn, — *Lima lineata* und *striata* Goldf., — *Gervillia socialis* Quenst. (Fig. 351), — *Myophoria laevigata* Alb. (Fig. 350), — *Myoph. cardissoides* Alb. — *Myoph. vulgaris* Bronn, — *Myoph. orbicularis* Bronn, — *Trigonodus Sandbergeri* Alb., — *Unicardium anceps* Schloth. sp. (= *Arca Schmidt* Gein.), — *Myacites musculoides* Schloth.; — von Gastropoden: *Dentalium laeve* Schloth., — *Natica gregaria* Schloth. sp., — *Chemnitzia scalata* Goldf.; — von Cephalopoden: *Ammonites* (*Hungarites*) *Strombecki* Griep., — *Ammonites* (*Beneckeia*) *Buchi* Alb. und *cognatus* Wag., — *Ammonites* (*Balatonites*) *Ottonis* Buch, — *Ammonites* (*Ceratites*) *antecedens* Beyr., — *Ammonites* (*Ceratites*) *semipartitus* Buch, — *Ammonites* (*Ceratites*) *nodosus* Haan (Fig. 352), — *Ammonites* (*Ptychites*) *dux* Gieb., — *Ammonites* (*Acrochordiceras*) *Damesi* Nötl., — *Nautilus bidorsatus* Bronn und dessen Kiefer *Rhyncholithes hirundo* Big. (Fig. 353) und *Conchorhynchus avirostris* Blainv.; — von Arthropoden: ein dem Genus *Astacus* nahe stehender langschwänziger Krebs *Pemphix Sueuri* Bronn. Von Fischresten sind namentlich die kegelförmigen, mit beiderseitigen Nebenzähnen versehenen Zähne von *Hybodus plicatilis* Ag. (Fig. 354a), sowie die flachen, mit einer mittleren Längsfalte versehenen Plasterzähne von *Acrodus*, ferner die spitz kegelförmigen, mit gefalteten Wurzeln versehenen Zähne von *Saurichthys apicalis* Ag. (Fig. 354b), endlich die rhombischen Schuppen von Ganoidfischen (*Gyrolepis* und *Colobodus*) häufig. Zu ihnen gesellen sich Schädel, Oberkiefer und Zähne von *Placodus gigas* Ag. (Fig. 356), eines theromorphen Reptils, sowie die Reste der ältesten Meeres-saurier, *Nothosaurus mirabilis* Münster. (Fig. 355), *N. Andriani* v. M.,

N. angustifrons v. M., *N. latifrons* Gür., *Anarosaurus* Dames, *Cymatosaurus* v. Fritsch. Der Schädel von *Placodus* ist sehr niedrig, hat große



Fig. 346.



Fig. 347.

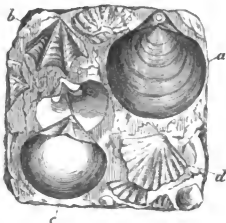


Fig. 348.

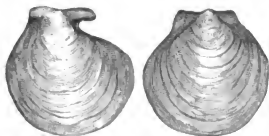


Fig. 349.



Fig. 350.



Fig. 351.



Fig. 352.

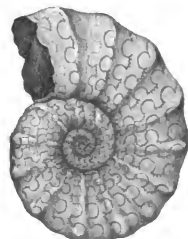


Fig. 352.

Fig. 346. *Eucrinus liliiformis* Lam. — Fig. 347. *Aspidura scutellata* Bronn. — Fig. 348. *a* *Terebratula vulgaris* Schloth.; *b* *Retzia* (*Spirigera*) *trigonella* Schloth.; *c* *Spiriferina* *Mentzeli* Buch; *d* *Rhynchonella* *Mentzeli* v. B. sp. — Fig. 349. *Pecten laevigatus* Bronn. — Fig. 350. *Myophoria laevigata* Alb. — Fig. 351. *Gervillia socialis* Quenst. — Fig. 352. *Ceratites nodosus* Haan. — Fig. 353. *Rhyncholithes hirundo* Big. (Oberkiefer von *Nautilus*).

Schlafenöffnungen, seitlich gelegene Augenhöhlen, trägt auf Gaumen und Oberkiefer pflasterartige oder bohnenförmige schwarze Gaumenzähne von ansehnlicher Größe und vorn stumpfe weißelförmige Schneidezähne. Die flachen, schlanken, über zwei Fuß langen Schädel des *Nothosaurus* zeigen hinten die ungewöhnlich großen Schläfengruben, zwischen ihnen ein kleines Scheitelloch, etwas vor der Mitte die Augenhöhlen und vor ihnen die Nasenlöcher. Die Zwischenkiefer tragen 9 große, gestreifte Zähne, deren neunter gerade in der Mitte der Kinnspitze steht. Die scharf zugespitzten Zähne stecken in Zahngruben. Der Hals war langgestreckt und bestand aus

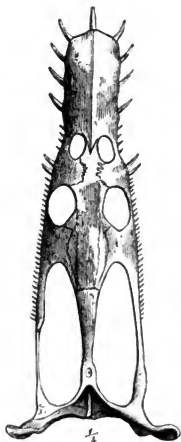


Fig. 355.

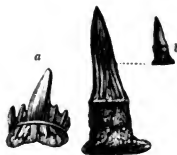


Fig. 354.

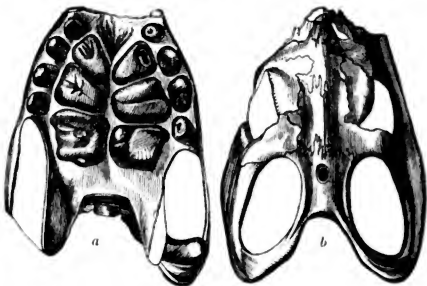


Fig. 356.

Fig. 354. *a* *Hybodus plicatilis* Ag.; *b* *Saurichthys apicalis* Ag. — Fig. 355. *Nothosaurus mirabilis* Münster. — Fig. 356. Schädel von *Placodus gigas* Ag. *a* von unten; *b* von oben.

20 Wirbeln, der gedrungene, mit einem kurzen Schwanz versehene Rumpf trug 4 Ruderfüße.

Nur schwach vertreten sind die Schwämme, von *Rhizocorallium* abgesehen (*Peronella caminensis* Beyr. sp. u. a.), die Korallen (*Montlivaultia*, *Thamnastraea*, *Isastraea*, *Latimæandra*, *Stylina*), die Asteriden (*Trichasteropsis*, *Pleuraster*, *Ophioderma*, *Aspidura*), die Echiniden (*Cidaris*), die Anneliden (*Serpula*).

Gliederung der Muschelkalkformation. Man pflegt die Muschelkalkformation teils nach paläontologischen, teils nach geologischen Gesichts-

punkten (mit v. Alberti) in drei Schichtengruppen zu gliedern (siehe Tabelle S. 532—533).

a. Unterer Muschelkalk, Wellenkalkgruppe, 50 bis 150 m mächtig, aus Wellendolomit, Wellenkalk, Bänken körnigen Kalksteines, dickbänkigen Dolomiten, Mergelschiefen, eingelagerten Terebratel- und Encrinitenkalken und Schaumkalken (bei Jena mit Lagen und Nestern von Cölestin), local aus Sandstein bestehend, deren Anteil an der Zusammensetzung in den verschiedenen Gegenden aus der Tabelle auf S. 532 und 533 zu entnehmen ist. Die gesamte Schichtengruppe ist nicht besonders reich an organischen Resten, wenn man von den erwähnten zoogenen Kalksteinen absieht. Unter ihnen sind auf den unteren Muschelkalk beschränkt und als Leitformen für denselben zu betrachten: *Encrinus Brahli*, *E. gracilis*, *E. silesiacus*, *E. Carnalli*, *Holocrinus Wagneri* und *Beyrichi*, *Terebratula Ecki*, *Spiriferina hirsuta*, *Lima lineata*, *Gervillia subglobosa* und *mytiloides*, *Myophoria cardissoides*, *curvirostris* und *orbicularis*, *Ammonites Buchi*, *A. Strombecki*, *A. cognatus*, *A. Ottonis*, *Ceratites antecedens*, *Ammonites dux* und *A. Damesi*; allgemein oder local häufig, aber nicht auf unteren Muschelkalk beschränkt sind: *Terebratula vulgaris*, *Spiriferina fragilis*, *Myophoria elegans* und *laevigata*, *Natica gregaria*, *Dentalium torquatum*.

b. Mittlerer Muschelkalk, Anhydritgruppe, 30 bis 100 m mächtig, wesentlich aus Dolomiten, zum Teil mit Hornsteinknollen, zum Teil zellig bis cavernös (Zellendolomit), Kalksteinen, Mergeln, Anhydrit, Gyps und Steinsalz bestehend. Da der Gyps stockförmige und das Steinsalz unregelmäßig linsenförmige Massen zu bilden pflegen, so zeigt der ganze sich ihnen anschmiegende Complex stark gewundene und gefaltete Schichten. Hierher gehörende Steinsalzlager liefern das Material der zahlreichen Salinen der Neckargegenden und derer bei Basel, bei Erfurt, Buffleben, Stotternheim in Thüringen und werden bei Stetten in Hohenzollern, bei Heilbronn in Württemberg und bei Erfurt in Thüringen bergmännisch abgebaut. Diese mittlere Gruppe des Muschelkalkes ist außerordentlich arm an organischen Resten, die sich hauptsächlich auf *Lingula tenuissima*, einige *Myophorien* und *Gervillien*, Fischreste, Saurierknochen und -zähne beschränken, zu denen sich in Elsass-Lothringen Kalkalgen und zwar *Diploporen* gesellen (Benecke).

c. Oberer Muschelkalk, Friedrichshaller Kalk Alb., Hauptmuschelkalk Quenst., 60 bis 120 m mächtig, aus glatt- und dickschichtigem Kalkstein, dessen Bänke sich mit ihren thonigen Zwischenlagern in großer Einförmigkeit hundertfach über einander wiederholen, sowie aus dünnen Kalkplatten bestehend, zwischen welche Thone und Mergel eingeschaltet sind. Der obere Muschelkalk ist von allen drei Abteilungen am reichsten an organischen Resten. Von ihnen sind auf den oberen Muschelkalk beschränkt: *Encrinus Schlotheimi*, *Trigonodus Sandbergeri*, *Myophoria*

Gliederung des

	In Oberschlesien und Polen nach Ecl.	Bei Rödersdorf nach Eck.	In Thüringen nach Heint. Credner, E. F. Schmidt, Wagner u. A.
Oberer M. K. Hauptmuschelkalk.	Rybnauer Kalkstein und Dolomit Opatowitzer Kalkstein z. T. m. <i>Cerat. nodosus</i> , vielen Fisch- und Saurierresten, <i>Acrodus</i> , <i>Hybodus</i> , <i>Saurichthys</i> , <i>Nothosaurus</i> .	Schichten mit <i>Cerati- tes nodosus</i> , <i>Gerv. socialis</i> , <i>Corbula dubia</i> , <i>C. gregaria</i> , <i>Pect. discites</i> , <i>Nucula elliptica</i> u. a. 35 m. Glaukonitische Kalk- steine mit <i>Monotis</i> <i>Albertii</i> , <i>Encr.- Stiel- glieder</i> . 6 m. Kalke mit <i>Myoph. vul- garis</i> , <i>Gerv. costata</i> , <i>Hy- bodus</i> , <i>Gyrolepis</i> . 8,7 m.	Obere Thonplatten; Wechsellagernde Kalk- und Mergelschich- ten mit <i>Cerat. nodosus</i> . <i>Naut. bidorsatus</i> , <i>Spirif. fragilis</i> , <i>Myoph. pes anseris</i> . Bank mit <i>Ter. cycloides</i> (<i>Nodosusschichten</i>). Untere Thonplatten; Schichten mit <i>Pecten di- scites</i> , Schichten mit <i>Gerv. socialis</i> . Trochitenkalk (<i>Striata- kalk</i>). Kalke mit <i>Lima striata</i> , <i>Encr. liliiformis</i> , Oolithische Kalke mit Horn- stein.
Mittlerer M. K. (Anhydrit)	Mergelige Dolomite, ver- steinerungsleer.	Mergelige Dolomite und dolom. Mergel, 65 m, mit <i>Ling. tenuissima</i> , <i>Gerv. socialis</i> , <i>costata</i> , <i>Myoph. vulgaris</i> , <i>Acrodus</i> , <i>Hy- bodus</i> , <i>Gyrolepis</i> .	Dolomitische Kalke und Kalkschiefer, zuweilen mit Einklagerungen von Anhy- drit, Gyps, Steinsalz (Stot- ternheim, Erfurt).
Unterer M. K. Wellenkalkgruppe.	Himmelwitzer Dolomit mit <i>Diplopora cylindrica</i> u. <i>sile- siaca</i> , <i>Myoph. orbicularis</i> . Kalkstein von Mikulitzsch mit <i>Spir. trigonella</i> , <i>Spir. Mentzeli</i> , <i>Rhynch. decur- tata</i> , <i>Rh. Mentzeli</i> , <i>Encr. aculeatus</i> . <i>Encrinuriten-</i> und <i>Terebra- telschichten</i> , <i>Spir. hirsuta</i> . Schaumkalkartige Schich- ten von Gorasde. Blauer Sohlenstein mit <i>Ter. angusta</i> , <i>Ter. vulgaris</i> , <i>Sp. trigonella</i> , <i>Amm. Buchi</i> .	Thonige Kalke mit <i>Myoph. orbicularis</i> . 8 m. Schaumkalk führende Abteilung. 80 m mit <i>Encr. Carnalli</i> , <i>Encr. Brähli</i> , <i>Ter. vulgaris</i> , <i>Cid. gran- daeva</i> , <i>Ostr. ostracina</i> , <i>Pect. discites</i> u. <i>laevigata</i> , <i>Lima striata</i> , <i>Gerv. subglobosa</i> und <i>costata</i> , <i>Myoph. vul- garis</i> , <i>elegans</i> , <i>ovata</i> , <i>laevi- gata</i> , <i>Chemnitzia scalata</i> , <i>Turbo gregarius</i> , <i>Dent. tor- quat.</i> ; <i>Amm. Buchi</i> , nur in den untersten Schichten, <i>Amm. antecessus</i> , <i>Amm. dux</i> . Unterer Wellenkalk. 80 m mit einigen an organ. Resten reichen Schichten, diese mit: <i>Rhizocor. Jen- ense</i> , <i>Gerv. costata</i> , <i>Turbo gregarius</i> , <i>Dental. torquat.</i> , <i>Chemnitzia scalata</i> , <i>Amm. Buchi</i> , <i>Amm. Otto- nis</i> , nur in den obersten Schichten.	Orbicularisplatten mit <i>My- oph. orbicularis</i> . Schaumkalk. 2—4 Bänke mit <i>Myoph. ovata</i> , <i>laevi- gata</i> , <i>Gerv. costata</i> , <i>Amm. cognatus</i> , <i>Amm. dux</i> . Wellenkalk. <i>Terebratelbank</i> mit <i>Ter. vulgaris</i> und <i>Encrinus- Stielgliedern</i> . Wellenkalk. Bank mit <i>Terebratula Eeki</i> . Unterer Wellenkalk. Flaseriger Mergelkalk mit <i>Lima lineata</i> , <i>Dentalien</i> , <i>Ophiren</i> . Ebene Kalkschiefer - <i>Coelostinschichten</i> b. Jena mit <i>Amm. Buchi</i> .

deutschen Muschelkalkes.

Bei Würzburg nach Sandberger.	In Württemberg nach v. Alberti u. Eck.	In Elsass-Lothringen nach Benecke (und Schumacher).
Kalk m. <i>Trigonodus</i> Sandbergeri 2 m mächtig, östlich von Würzburg. — <i>Ostracodenthon</i> , westlich von Würzburg.	Dolomite mit Hornsteinknollen. Stylolithen, <i>Ostr. spondylioides</i> , <i>Cerat. semipartitus</i> , <i>Myoph. Goldfussi</i> , <i>Trigonodus</i> Sandbergeri.	Dolomitische Stufe. Dolomite mit Fischresten. <i>Trigonodus</i> , <i>Myophoria laevigata</i> , <i>Lingula tenuissima</i> . Nodosenkalk, zu oberst mit <i>Cer. semipartitus</i> . Terebratelbänken u. Bänken von <i>Ostr. ostracina</i> .
Wulstiger Kalk m. <i>C. semipartitus</i> .	Thone u. Kalkplatten m. <i>Cerat. nodosus</i> , <i>Naut. bidorsatus</i> .	
Kalkplatten mit <i>C. nodosus</i> .	Kalkbänke mit <i>Pecten discites</i> .	
Kalkbänke mit <i>C. nodosus</i> und <i>Pecten discites</i> .	<i>Lima striata</i> , <i>Cer. nodosus</i> .	
Encrinitenbänke mit <i>Spiriferina fragilis</i> .	<i>Spirif. fragilis</i> , Terebr. vulg., <i>Encrinus</i> -Stielgliedern.	
Kalkbänke mit <i>Pecten discites</i> .	Schaumkalk, Oolithe u. Trochitenkalke.	
Bänke mit <i>Myoph. vulg.</i> und <i>Gerv. costata</i> mit der Hauptencrinitenbank.	Kalke mit <i>Pemphix Sueuri</i> .	
Kalke und Mergelkalke mit Hornstein.	Trochitenkalke.	
		Trochitenkalk.
Zellendolomit, local. Thon-, Salz- und Gypsbildungen.	Zellendolomit und Kalk mit Chalcedonieren. Thone, Anhydrit, Gyps u. Salz.	Dolomitische Mergel, zellige Kalke und Dolomite m. Hornsteinconcretionen. Saurierresten, Fischschuppen, <i>Myac. compressus</i> , <i>Corbula</i> und <i>Diplopora</i> . Bunte Mergel m. Schnüren von Gyps u. Sandsteinbänken m. häufigen Steinsalz-pseudomorphosen.
Mergel mit <i>Myoph. orbicularis</i> , 8 m; Sackbank 0,3 m, und gelbe Mergel, 4 m. Schaumkalk, 2 Bänke mit <i>Myoph. laevigata</i> , <i>Gerv. costata</i> , <i>socialis</i> , <i>Pect. discites</i> , <i>Dent. torquatum</i> , 6,40 m. Wellenkalk, 7 m.	Mergel u. Kalksteine m. <i>Myoph. orbicularis</i> etc. Mergelschiefer. Kalksteine und Dolomite m. <i>Discina discoides</i> , <i>Lima lin.</i> , <i>Nautilus bidorsatus</i> . Dolomitbank mit Terebr. vulgaris, Terebr. angusta. Schwarzer Schieferthon, grane Mergelschiefer mit Dolomitbänken. <i>Ling. tenuiss.</i> , <i>Myoph. cardiss.</i> , <i>Naut. bidorsat.</i> , <i>Cerat. antecessus</i> . In der Mitte Schichten mit <i>Gerv. soc.</i> oder <i>Lima lin.</i> , oder <i>Unicardium anceps</i> ; unten eine Schicht mit <i>Amm. Buchi</i> , <i>Mixosaurus atavus</i> .	Bituminöse Mergel, Dolomite und Sandsteine mit <i>Myoph. orbicularis</i> . Crinoidenschichten (Schaumkalk u. Wellenkalk). <i>Pentacrinus</i> bank. Wellenmergel. Gervillien-u. <i>Myacites</i> bänke.
<i>Spiriferina hirsuta</i> -Bank, 0,39 m. Wellenkalk, 46 m.		
<i>Spiriferina</i> -Bank, <i>Sp. fragilis</i> .		
Wellenkalk, 4 m.		
Terebratelbank, 0,56 m. Ter. vulg. Ter. angusta, <i>Spir. hirsuta</i> .		
Wellenkalk, Oolith, Wellenkalk, 35 m.	Schicht mit Terebratula Ecki. Mergelschiefer und Dolomit. <i>Myoph. cardiss.</i> , <i>Lima radiata</i> , <i>Lingula tenuiss.</i>	Obere Terebratelbänke, Ter. vulg. mit <i>Spiriferina</i> . Gelbliche Muschelsandsteine, Dolomite und Kalksteine mit <i>Myoph. vulgaris</i> , <i>Myoph. laevigata</i> , <i>Gerv. socialis</i> , <i>Pect. discites</i> , <i>Lima striata</i> , <i>Amm. Buchi</i> , <i>Amm. Strombecki</i> .
Dentalienbank mit <i>Dent. torquatum</i> , <i>Natica gregaria</i> , <i>Amm. Buchi</i> , <i>A. Strombecki</i> , 0,66 m.	Dolomit m. <i>Myoph. vulg.</i> , <i>Disc. discoides</i> , <i>Ling. tennis</i> . Kupferlasur und Malachit auf den Klüften (<i>Amm. Strombecki</i>).	Trochitenbänken.
Wellenkalk, wulstige u. kristall. Kalke mit <i>Lima lineata</i> , <i>Unicardium anceps</i> , <i>Myoph. cardissoides</i> , 47 m.		
Wellendolomit mit <i>Ling. tenuissima</i> , <i>Estherien</i> und Saurierknochen, 4 m. (Nach Frantzen Röt.)		

simplex, pes anseris und Goldfussi (nur letztere in den unteren Keuper hinaufgehend), *Ammonites nodosus*, *semipartitus* und *enodis*; hauptsächlich dem oberen Muschelkalk eigen sind: *Encrinus liliiformis*, *Pecten laevigatus* und *reticulatus*, *Lima striata*, *Pemphix Sueuri*; häufig in einzelnen Schichten, so dass sie fast ausschließlich das Material derselben bilden, sind: *Encrinus liliiformis*, *Terebratula vulgaris* und *cycloides*, *Pecten discites*, *Myophoria vulgaris*, *Gervillia socialis*.

Der obere Muschelkalk gliedert sich allenthalben in eine untere Stufe, den Trochitenkalk, und eine obere Stufe, die *Nodosenschichten*, auf welche im südwestlichen Deutschland noch die *Trigonodus*- und *Semipartitus*schichten folgen (vergl. die Tabelle).

Eine lediglich von paläontologischen Gesichtspunkten ausgehende Gliederung des Muschelkalkes würde nach Eck vielleicht zweckmäßiger unterscheiden:

4. Stufe des *Ceratites nodosus* und *semipartitus* (= oberer Teil des oberen Muschelkalkes).

3. Stufe des *Encrinus liliiformis* und *Schlotheimi* (= unterer Teil des oberen Muschelkalkes).

2. Stufe des *Ceratites antecedens* und *Ammonites dux*, mit *Encrinus Brabli* und *Carnalli* (= oberer Teil des unteren Muschelkalkes, mit welchem der mittlere Muschelkalk vereinigt werden könnte).

1. Stufe des *Ammonites Strombecki* Griep. mit nur zehnamigen (ohne 20armige) *Encrinen* (= unterer Teil des unteren Muschelkalkes).

Der oberschlesische Muschelkalk wurde früher mit Bezug auf den erzführenden Horizont desselben in Sohlenstein, erzführenden Dolomit und Dachkalkstein (Kalkstein von Opatowitz) gegliedert und überhaupt als eine ganz eigentümliche Facies der Muschelkalkformation aufgefasst. Später zeigte jedoch Eck, dass im ganzen eine wesentliche Übereinstimmung der oberschlesischen Muschelkalkformation mit derjenigen des westlichen Deutschlands besteht. (Siehe Äquivalenztabelle.) In paläontologischer Beziehung sind ihnen nicht nur die meisten Versteinerungen gemeinsam, sondern es ist auch die verticale Verbreitung dieser Formen durch die einzelnen Etagen des Muschelkalkes fast durchgängig dieselbe. Hervorzuheben ist nur das Vorkommen einer Anzahl von Species aus der später zu besprechenden alpinen Trias. Hierher gehören *Encrinus gracilis* Buch, *Thamnastraea silesiaca* Beyr., *Rhynchonella decurtata* Gir., *Rhynchonella Mentzeli* Buch, *Waldheimia angusta* Schloth., *Spiriferina Mentzeli* v. Buch, *Sp. fragilis* Schloth., *Sp. hirsuta* Alb., *Spirigera trigonella* Schloth., *Gyroporella cylindrica* und *silesiaca* Gümbl., welche in Oberschlesien nur im unteren Muschelkalk vorkommen, und von welchen die drei ersteren vereinzelt auch im übrigen unteren deutschen Muschelkalk, *Waldheimia angusta* und *Spirigera trigonella* im

Wellenkalk und Trochitenkalk, *Spiriferina Mentzeli* im coburger Trochitenkalk gefunden wurden. In petrographischer Beziehung weicht besonders der untere Muschelkalk Oberschlesiens von der typischen Entwicklung im westlichen Deutschland ab, indem er unten hauptsächlich aus einem Wechsel von Wellenkalk und dickbankigen Kalksteinen, oben entweder aus mächtigen Dolomitablagerungen oder aus dickbankigen Kalksteinen, teils porösem, teils dichtem Kalkstein besteht. Zugleich hat die Mächtigkeit dieser unteren Gruppe auf Kosten der mittleren und oberen Abteilung außerordentlich zugenommen, indem sie 170 m, die der beiden anderen aber nur 20 und 10 m beträgt.

3. Der Keuper.

Der Keuper, der oberste der triadischen Schichtencomplexe, besteht hauptsächlich aus bunten Letten und Mergeln von vorwiegend roter, aber neben dieser auch grüner, gelber, grauer, brauner und bläulicher Färbung, die entweder lagenweise scharf mit einander abwechseln, oder Flammen, Streifen und Flecken im Grunde der anderen bilden. Zu diesen Letten und Mergeln gesellen sich bunte Thone, sowie Einlagerungen von Gyps, Anhydrit, local Salzthon und Steinsalz. Der Gyps tritt im Keuper nicht nur in Form unregelmäßiger Stöcke und Lager, sowie dünn-geschichteter Flötze, sondern auch und zwar sehr häufig in Trümmern, Adern und Schmitzen mit den Mergeln netzartig verflochten auf. Sandsteine, meist feinkörnig und grau, grünlich, rötlich oder weiß gefärbt, nehmen einen bedeutenden Anteil an der Zusammensetzung der Keuperformation und zwar namentlich deren unterster und oberster Etage. Endlich erscheinen auch dolomitische Kalksteine und Dolomite, meist fein kristallinisch oder dicht, selten cavernös und porös, reich an organischen Resten in einzelnen Bänken oder Complexen von unbedeutender Mächtigkeit. Als sehr untergeordnete Glieder des Keupers sind schließlich noch schwarze, zum Teil von Pflanzenresten angefüllte Kohlenletten und unreine, thonige Kohle (Lettenkohle) anzuführen. Bei Siwierz in Polen werden zwei 30 bis 50 Zoll mächtige Flötze und ein 80 Zoll mächtiges Flötz von Keuperkohlen mit Vorteil abgebaut. In Thüringen kommt Lettenkohle namentlich bei Mattstedt unweit Weimar, bei Tennstädt, Mühlhausen, Sonneborn, Arnstadt, in Franken z. B. bei Kissingen und Würzburg vor.

Paläontologischer Charakter. Sind auch die Gattungen *Equisetum* (vertreten durch *E. arenaceum* Brongn.), *Schizoneura* mit *Sch. Lehmanniana* Göpp. sp., — *Danaeopsis* mit *D. marantacea* Presl sp., — *Lepidopteris* mit *L. Stuttgartiensis* Brongn. sp., — *Clathropteris* mit *Cl. Münsteriana* Schenk, — noch höchst charakteristisch für den Keuper, so fangen doch die *Equisetaceen* und *Farne* bereits an, etwas in den Hintergrund zu treten, während sich die *Cycadeen* auf deren Kosten zu entfalten

beginnen. *Pterophyllum Jaegeri* Brongn., *Pterophyllum longifolium* Brongn., *Pterophyllum Braunianum* Göpp. (Fig. 357) sind ihre verbreitetsten Angehörigen, während in den Gattungen *Zamites*, *Pterozamites*, *Otozamites* ganz neue Cycadeentypen erscheinen. Neben ihnen

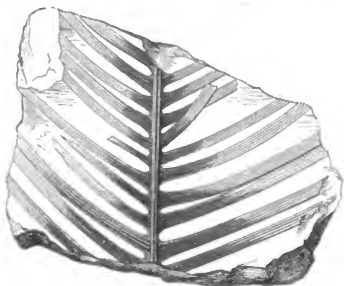


Fig. 357. *Pterophyllum Braunianum* Göpp.
Nach F. Römer.

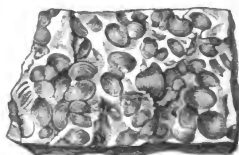


Fig. 358. *Estheria minuta* Alb.
Nach F. Römer.

spielen auch Coniferen eine nicht unbedeutende Rolle; ihr hauptsächlichster Vertreter ist *Glyptolepis Keuperiana*. Zu ihnen gesellen sich die neuen Gattungen *Palissya*, *Thuites*, *Palaeoxyris*.

Die Fauna des Keupers ist eine ärmliche. Diejenige seiner unteren Hauptstufe (der Lettenkohlen-Gruppe) ist eine verarmte, aber typische Muschelkalkfauna, weshalb auch wiederholt der Vorschlag gemacht worden ist, die Lettenkohlen-Gruppe zum Muschelkalk zu ziehen. Aus letzterem steigt eine größere Anzahl Conchylien in diesen unteren Keuper hinauf, so *Gervillia socialis* und *costata*, *Myophoria vulgaris* u. s. w.: *Gervillia subcostata* und *Myophoria Goldfussi*, in Süddeutschland schon im Muschelkalk vertreten, erreichen hier ihre Hauptentwicklung; andere, wie *Myophoria transversa* Born., *Struckmanni* Stromb., *Anoplophora lettica* Qu. treten neu hinzu. *Corbula Keuperiana* und *Myophoria Raibliana*, eine mit der alpinen Keuperfauna gemeinsame Form, spielen in einer weit verbreiteten Schicht des mittleren Keupers eine nicht unwichtige Rolle. Von den Conchylien des oberen Keupers (des Rhät) sind *Avicula contorta*, *Taeniodon Ewaldi*, *Protocardia rhaetica* verbreitet, einige zeigen nahe Verwandtschaft mit älteren Formen, wie *Myophoria postera* mit *Myophoria elegans*, andere mit jüngeren, wie *Lima praecursor* mit *Lima gigantea*. Bewohner tieferen Wassers, wie Cephalopoden, fehlen im Keuper fast ganz, nur im thüringischen Grenzdolomit wurde je 1 Exemplar von *Ceratites nodosus* var. *Schmidi* Zimmerm. und eines *Nautilus* (ein solches auch bei Crailsheim) gefunden, Brachiopoden sind nur local

durch ganz vereinzelte Exemplare von *Terebratula vulgaris* vertreten. Sehr häufig sind *Estheria minuta* (Fig. 358) und *Lingula tenuissima*. Zahlreich vertreten sind Fisch-, Labyrinthodonten- und Saurierreste, von welchen Schuppen, Zähne, Knochen und Koprolithen einzelne Lagen ganz erfüllen können. Die Fische sind besonders vertreten durch Arten der Gattungen *Hybodus*, *Acrodus*, *Saurichthys*. Hervorzuheben ist *Semionotus Bergeri* Ag. (Fig. 364), dessen ausgezeichnet erhaltene Abdrücke aus dem Keupersandstein von Coburg und anderen Orten erkennen lassen, dass zwar die Asymmetrie des Schwanzes dieses Ganoiden allerdings noch vorhanden, aber bei weitem nicht so stark entwickelt ist, wie bei den heterocercalen Ganoiden der paläozoischen Periode. Ein anderer Fisch, *Ceratodus* (Fig. 362b), dessen flache, fächerförmig gefaltete und am Rande tief ausgezackte Zähne namentlich in der Lettenkohlengruppe Württembergs und Thüringens häufig sind, hat deshalb besonderes Interesse auf sich gezogen, weil man dieses für ausschließlich mesozoisch gehaltene *Dipnoier*-Genus noch lebend in Australien gefunden hat (Fig. 362a).

Von Labyrinthodonten sind *Mastodonsaurus giganteus* Jäg. (Fig. 359) und *Metopias diagnosticus* v. Meyer aus dem Keuper Schwabens wegen ihrer Riesengröße und prachtvollen Erhaltung besonders bemerkenswert*. Ihre gewaltigen, längsgerieften Zähne zeigen, im Dünnschliffe unter dem Mikroskope betrachtet, zahlreiche, ungefähr radial verlaufende, wellig gewundene Linien, welche die gekrümmte Structur der Zahnschmelze verraten (Fig. 360). Von Reptilien sind Nothosaurier nicht selten. Dem Stubensandsteine des mittleren Keupers von Stuttgart wurden eine Gruppe von 24 Individuen eines in manchen Beziehungen rhynchocephalenartigen Sauriers, *Aëtosaurus ferratus* Fraas**), zahlreiche Reste von *Belodon* Kapffi v. M. (Fig. 363), eines langschnauzigen Crocodiliers sowie von *Zanclodon laevis* Qu., einem riesigen Dinosaurier, — ferner dem oberen Keupersandstein die älteste Schildkröte (*Proganochelys* Baur = *Psammochelys* Quenst.) entnommen.

Aus dem obersten Keuper (Bonebed) von Württemberg stammen seltene, kleine, zweiwurzelige, vielhöckerige Backzähnnchen, welche Beuteltieren zugeschrieben werden, die man *Microlestes antiquus* Plin. und *Triglyphus Fraasi* Lyd. genannt hat. In ihnen treten uns die Reste der ältesten die Erde bewohnenden Säugetiere entgegen. Auch in dieser Klasse eröffnen somit die unvollkommensten Vertreter den Reigen, der in der Mannigfaltigkeit der Jetztwelt gipfeln sollte.

Gliederung des Keupers. Wie der Muschelkalk, lässt sich auch die Keuperformation gewöhnlich auf eine ganz natürliche Weise in drei Stufen

*) E. Fraas. Die Labyrinthodonten der schwäb. Trias. Stuttgart 1889.

**) O. Fraas. *Aëtosaurus ferratus* Fr. Stuttgart 1877. — E. Fraas. Die Schwäbischen Trias-Saurier. Festschrift. Stuttgart 1896.

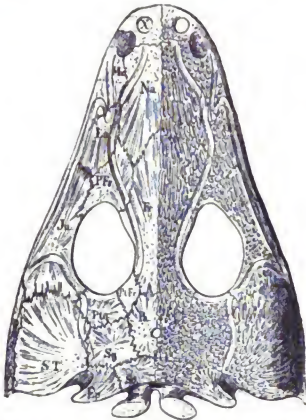


Fig. 359.

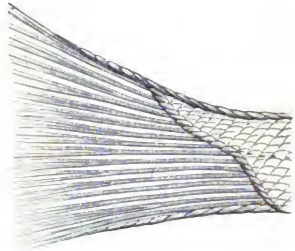


Fig. 361.

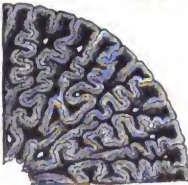


Fig. 360.

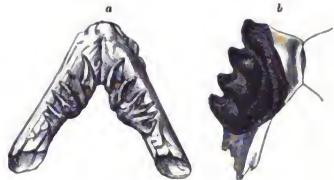


Fig. 362.

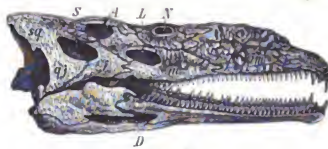


Fig. 363.

Wirbeltierreste aus dem Keuper.

Fig. 359. Schädel von *Mastodonsaurus giganteus* Jaeg. (nach *Fraas*). — Fig. 360. Teil des Querschnittes eines Zahnes von *Mastodonsaurus*, die gekörnt gewundene Zahnsubstanz zeigend. — Fig. 361. Schwanz von *Semionotus Bergeri* Ag., eines der letzten heterocerale Ganoiden mit nur noch geringer Unsymmetrie der Schwanzflosse. — Fig. 362. *a* Unterkiefer des lebenden *Ceratodus* aus Australien; *b* Unterkiefer von *Ceratodus Kaupii* aus der Lettenkohlgroupe von Stuttgart. — Fig. 363. *Belodon Kapfi* v. Mey. A = Augenhöhle, D = Durchbruch im Unterkiefer, N = Nasenloch, S = Schläfenloch, L = Präorbitalloch.

gliedern, welche freilich in ihren verschiedenen Bildungsräumen in einer sehr wechselnden Mächtigkeit und nicht immer mit denselben petrographischen Eigentümlichkeiten entwickelt sind (vergl. die Tabelle auf S. 539).

a) Unterer Keuper; Lettenkohलगruppe; Kohlenkeuper. Dieser Complex erreicht etwa 70 m Mächtigkeit, schließt sich eng an den Muschelkalk an und besteht aus grauen Sandsteinen (dem Lettenkohlen- oder Hauptsandstein), dunklen Letten und Schieferthonen mit zahlreichen Pflanzenresten, aus Mergelschiefern (zum Teil voll von kleinen Schalenkrebsen, dann Bairdien- oder Estherienschiefern genannt) und dolomitischen Kalksteinen, zwischen welchen in Thüringen, Franken, Schwaben und in der Gegend von Basel schmale Flötze von thoniger, unreiner, nur selten abbauwürdiger Kohle (Lettenkohle) eingeschaltet sind. *Araucarioxylon thuringicum* Bornem., *Widdringtonites Keuperianus* Heer, *Equisetum arenaceum*, *Danaeopsis marantacea*, *Pterophyllum longifolium*, *Glyptolepis Keuperiana* sind für diese Gruppe besonders bezeichnend. In Thüringen, Franken und Schwaben beginnt die Gruppe des Kohlenkeupers mit den höchst charakteristischen, mineralogisch gewöhnlich durch ihren Glaukonitgehalt ausgezeichneten Bairdien-Schichten, das mittlere Niveau wird durch den Lettenkohlsandstein eingenommen, seinen Abschluss und einen scharf bezeichneten oberen Horizont findet der untere Keuper in einigen Bänken eines dichten oder feinkörnigen Dolomites, welcher die S. 536 erwähnte Muschelkalkfauna und zwar namentlich *Myophoria Goldfussi*, *vulgaris* und *intermedia*, daneben *Gervillia socialis* sowie *Ceratites nodosus* u. a. führt und als Grenzdolomit bezeichnet wird. Abgesehen von Überresten von Fischen und Sauriern, welche z. B. bei Tübingen und Heilbronn und an verschiedenen Punkten Thüringens eine fürmliche Knochenbreccie bilden, und von Zähnen des *Ceratodus* finden sich in der Lettenkohलगruppe vorzüglich erhaltene Skeletteile von *Mastodonsaurus giganteus* und von *Nothosauriern*.

b) Mittlerer Keuper, bunter Keuper, Gypskeuper. Die Mächtigkeit dieser höchst charakteristischen, grellfarbigen und buntscheckigen Mergelgruppe schwankt zwischen 100 und 300 m. In ihrem unteren Niveau umfassen die bunten Mergel Einlagerungen von Gypsen und Thonen, in Hannover (Salzderhelden u. Sülbeck), in Lothringen Steinsalz (bei Dieuze 13 Salzlager mit 50 m Gesamtmächtigkeit). Die Mergel sind, abgesehen von Labyrinthodonten-Knochen, -Zähnen und -Koprolithen, aller organischen Reste bar und setzen in Thüringen und am Harz fast ausschließlich den mittleren Keuper zusammen. Nur eine ihren unteren Schichten eingelagerte wenig mächtige Dolomitbank mit Bleiglanz und Schwerspat (die Corbulabank), welche nördlich vom Harz, in Thüringen, Franken und Schwaben verbreitet ist, zeichnet sich durch das Vorkommen mehrerer alpiner Arten, so von *Corbula Keuperiana* und der selteneren *Myophoria Raiblana*, aus. In Süddeutschland wechsellagern die bunten Mergel dieser mittleren Keupergruppe mit 3 bis 8 m mächtigen Sandsteinschichten und Dolomitbänken. Erstere sind als Schilfsandstein und als der etwas höher liegende Stubensandstein

bekannt. Der Schilfsandstein führt *Equisetum arenaceum*, *Danaeopsis marantacea*, *Lepidopteris Stuttgartiensis*, *Pterophyllum Jaegeri*, ferner *Mastodonsaurus*, *Metopias* und *Zanclodon*, sowie Fischreste, der Stubensandstein den bei Coburg, Römhild u. a. O. in ausgezeichnete Erhaltung gefundenen Ganoidfisch *Semionotus Bergeri* und in der Gegend von Stuttgart *Aetosaursaurus ferratus* Fraas, *Belodon* Kapffi v. Meyer und *Zanclodon laevis* Qu.

c) Oberer Keuper, das Rhät, Zone der *Avicula contorta*. Schichtencomplex von vorwaltenden hellen, feinkörnigen Sandsteinen, welche von grauen, sandigen Schieferthonen überdeckt werden und die Reste von zahlreichen Gefäßkryptogamen und einigen zwanzig Gymnospermen umschließen. Sie finden sich namentlich im Rhät von der Theta bei Baireuth und von Veitlahn bei Culmbach, wo sie durch ihre Häufigkeit zur Bildung schwacher Kohlenflötze beitragen. Die wichtigsten hierher gehörigen Formen sind: *Equisetum Lehmannianum*, *Equisetum Münsteri*, *Lepidopteris Ottonis*, *Zamites distans*, *Pterophyllum Braunianum*, *Pterophyllum Münsteri*, *Thaumatopteris Münsteri*. Diese rhätische Flora ist zwar der des übrigen Keupers nahe verwandt, jedoch erscheinen ihre wichtigsten und charakteristischen Vertreter zuerst im Rhät selbst und gehen zum Teil in die Juraformation über. Man hat deshalb auch wohl die rhätische Gruppe als *Infralias* zum Lias, also zum untersten Jura gezogen oder dieselbe als eine Zwischenbildung zwischen dieser Formation und dem Keuper bezeichnet.



Fig. 364. *Avicula contorta* Port.

Die Schichtungsflächen des rhätischen Sandsteines und des ihn überlagernden Schieferthones werden nicht selten von (*Taeniodon*) *Protocardia Ewaldi* Born., *Anodonta postera* Fraas, *Protocardia Rhaetica* Mer., *Cardium cloacinum*, *Gervillia praecursor* Quenst., *Avicula contorta* Port. (Fig. 364), *Estheria minuta* Alb. in dichtem Gedränge bedeckt. Der oberen Etage dieses Sandstein- und Schieferthoncomplexes gehören einige dünne Lagen an, welche bei einer Mächtigkeit von nur einem oder wenigen Zollen oft dermaßen mit Zähnen und Knochen von Fischen und Sauriern angefüllt sind, dass sie eine förmliche Knochenbreccie bilden und Bonebed genannt werden. Die häufigsten Fischzähne dieser Schichten gehören *Hybodus minor*, *Acrodus minimus* und *Saurichthys acuminatus*, die Reptilienreste den Gattungen *Nothosaurus*, *Terminosaurus* an, welche den liasischen *Plesiosauren* schon nahe verwandt sind. Aus dem Bonebed und zwar aus der Nähe von Stuttgart stammen auch die bereits erwähnten Beuteltierzähne (*Microlestes antiquus*). Die obere Stufe des Keupers wird wegen ihres Reichtums an der allgemein verbreiteten *Avicula contorta* als Stufe der *Avic. contorta* bezeichnet.

Im südlichsten Teile von **Schweden**, in Schonen, tritt namentlich in der Gegend von Högenäs und Helsingborg ein local Pflanzen und Kohlen führendes rhätisches Schichtensystem auf, welches aus einer 240 m mächtigen Gruppe von Sandsteinen und Schieferthonen besteht, denen vier Steinkohlenflötzen, sowie einige Sphärosiderit-Horizonte eingeschaltet sind. Außer *Mytilus*, *Pecten*, *Taeniodon*, *Ostrea*, *Avicula*, *Protocardia* und *Cardinia* führen gewisse Schichten *Equisetum*, *Guthiera*, *Sagenopteris*, *Dictyophyllum*, *Nilsonia*, *Podozamites*, *Palissya*, *Schizolepis* u. a.

Über die speciellere Gliederung des Keupers giebt die Tabelle auf S. 539 einen Überblick.

Verbreitung der Trias in Deutschland. Die oben beschriebene Facies der Trias ist eine fast ausschließlich deutsche Formation, nur bei Basel und am Westabfalle der Vogesen, sowie in Oberschlesien überschreiten ihre äußersten Ausläufer die Grenzen Deutschlands um etwas. Überraschend wirkt deshalb das Auftreten von typischem oberem Muschelkalk u. a. mit *Ceratites nodosus* an den Gestaden des Mittelmeeres bei Toulon. Innerhalb Deutschlands kann man vier größere, zum Teil sehr ausgedehnte, triadische Territorien unterscheiden: das norddeutsche, das fränkisch-schwäbische, das von Elsass und Lothringen und das oberschlesische. So gehören denn die Flussgebiete der Werra, Fulda und Leine, der Unstrut und der Saale, des Mains und des Neckars zum größten Teile dem Gebiete der Trias an. In Norddeutschland nehmen triadische Gebilde die ganze weite Fläche zwischen Thüringer Wald und Harz ein, so dass Weimar, Jena, Erfurt, Gotha und Mühlhausen auf triadischem Boden gebaut sind. Von Thüringen aus dehnt sie sich in nordwestlicher Richtung über die Weser, über Pyrmont bis in die Gegend von Osnabrück und Ibbenbüren aus, umgürtet, wenn auch zum Teil von Jura, Kreide und Diluvium überlagert, den westlichen, nördlichen und östlichen Abfall des Harzgebirges und bildet zahlreiche Erhebungen und Rücken in dem Hügellande von Hannover und Braunschweig, sowie in demjenigen zwischen Eisleben und Magdeburg, und tritt endlich in Gestalt kleiner isolierter Inseln bei Lüneburg, Altmersleben bei Calbe und bei Rüdersdorf (unweit Berlin) aus dem Diluvium der norddeutschen Tiefebene und auf Helgoland als Buntsandstein der Hauptinsel und Muschelkalk des Wite Klif aus der Nordsee hervor. Erbohrt wurde ferner Buntsandstein bei Dahme, Hänchen und Stade sowie im Fläming, Muschelkalk bei Hänchen. Keuper bei Cottbus, sowie bei Bromberg.

Ein noch bedeutenderes Terrain nimmt die Trias in Süddeutschland ein und bildet, im allgemeinen betrachtet, eine weite, flache Mulde, welche nordöstlich vom Fichtelgebirge und Thüringer Walde, westlich vom Sauerlande, dem Taunus, den Graniten und Gneissen des Schwarzwaldes und dem Rheinthale begrenzt und nach Süden und Osten zu von den jurassischen Gebilden der Rauhen Alb und der fränkischen Schweiz gleichförmig über-

lagert wird. Die Städte Bamberg, Würzburg, Heidelberg, Heilbronn, Stuttgart, Ansbach, Nürnberg und Erlangen liegen im Gebiete der süddeutschen Trias.

Jenseits des Rheines setzt diese Formation das ganze Haardtgebirge, die größere nördliche Hälfte der Vogesen und das lothringische Hügelland westlich von diesen zusammen. Von diesem ausgedehnten Areale aus zieht sich eine schmale triadische Gesteinszone in nördlicher Richtung zwischen Luxemburg und Trier hindurch und, durch spätere Auswaschungen in einzelne Schollen zerschnitten, über Gerolstein durch die Eifel bis nach dem durch seinen Bleiglanzbergbau berühmten Commern. In jedem dieser drei Verbreitungsgebiete der Trias sind Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper in einer von der beschriebenen normalen Schichtenreihe nur wenig abweichenden Weise zur Ausbildung gelangt. Nur in jenem eben erwähnten nördlichen Ausläufer der lothringischen Trias ist die untere Abteilung des Muschelkalkes in der Weise durch sandige Bildungen vertreten, dass sie anfänglich (so bei Saarbrücken) nur den Wellenkalk, weiter nach Norden auch bereits die mittlere Gruppe der Muschelkalkformation ersetzen, bis endlich z. B. an der Aart die Gesamtmächtigkeit des Muschelkalkes auf 4, ja bis zu einem Fuße herabsinkt. Diese außerordentlich schwache Entwicklung des Muschelkalkes bereitet auf die englische Facies der Trias vor, woselbst jene Formation gar nicht mehr zur Ausbildung gelangt ist, sondern wo Keuper direct auf Buntsandstein lagert.

In dem vierten der deutschen Trias-Districte, dem von Oberschlesien, sind alle drei Abteilungen der Trias vertreten. Dort bildet diese Formation das wellige Flachland und die bis zu 400 m hohen Bodenerhebungen, welche sich aus der Gegend von Oppeln und Kosel an der Oder in östlicher Richtung bis nach Polen hinein erstrecken, und gewinnt durch ihre bereits erwähnte Erzführung eine große technische Bedeutung. Von den drei Unterabteilungen der Trias hat der Buntsandstein die geringste Ausdehnung, beschränkt sich auf schmale Streifen am Rande der Muschelkalkzüge und wird durchschnittlich 30, seltener 70 m mächtig. Der Muschelkalk bildet einen über 10 Meilen langen und 1 bis 3 Meilen breiten, flachen Rücken, welcher sich von Krappitz an der Oder über Tarnowitz und Beuthen bis nach Olkusz in Polen zieht und an welchen sich beiderseitig zahlreiche Ausläufer und isolierte inselförmige kleine Partien anschließen. Seine Mächtigkeit beträgt fast 200 m. Auch der Keuper ist bis 200 m mächtig, nimmt, freilich zum Teil von einer Diluvialdecke verborgen, einen gegen 100 Quadratmeilen großen Flächenraum im Norden des Krappitz-Olkuszer Muschelkalkrückens ein und besteht aus den Äquivalenten der westdeutschen Lettenkohle, der Mergelgruppe und endlich des Rhät. Die Trias ist somit in Oberschlesien sehr vollständig repräsentiert; in Niederschlesien hingegen sind nur Buntsandstein und unterer Muschelkalk vertreten, welcher sich in seiner Entwicklung an

den oberschlesischen anschließt, und sich innerhalb der bereits früher erwähnten Dyas-Mulde von Löwenberg, Goldberg und Bunzlau in Gestalt einer schmalen Zone dem Zechsteine anschmiegt.

Lagerungsverhältnisse der deutschen Trias. Die Schichten der Trias sind überwiegend regelmäßig flach mulden- oder tellerförmig, zum Teil fast vollkommen horizontal gelagert und haben meist nur an den Rändern der Gebirge bedeutendere Störungen, also eine steilere Aufrichtung,

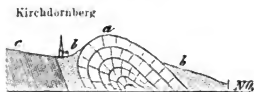


Fig. 365. Überhängender Sattel von Muschelkalk und Keuper bei Kirchdornberg im Teutoburger Walde. Nach F. Römer.

a = Muschelkalk; b = Keuper; c = Lias.

Verwerfungen, sowie Knickungen und Biegungen erlitten. Einen Einblick in einen derartigen etwas complicierteren Schichtenbau gewährt z. B. der Bahneinschnitt bei Sulza in Thüringen, wo die Schichten des Wellenkalkes vielfach geknickt, gebrochen und gegen einander verschoben sind, eine Erscheinung, welche sich auf der dort durchsetzenden Dislocationsspalte meilenweit gegen Ost und West fortsetzt. Im Teutoburger Walde bildet der Muschelkalk einen überkippten, nach SW. überhängenden Sattel*), dessen südwestlicher Flügel von Keuper, Jura und Kreide in umgekehrter Folge ihres Alters unterteuft wird (Fig. 365).

Sehr häufig sind die Schichtencomplexe der Trias von beträchtlichen Verwerfungen betroffen worden, welche den Gebirgszügen, an die sich erstere anlagern, parallel zu laufen pflegen. Infolge derselben ist der Muschelkalk oder selbst der Keuper bis in das Niveau des Buntsandsteines gesunken, so dass sie nicht selten unter letzteren einzufallen scheinen. Sehr gewöhnlich sind diese Erscheinungen in Thüringen und Hessen, sowie westlich und südwestlich vom Harze, wo die Trias von zahlreichen Dislocationslinien, Grabenversenkungen und Bruchzonen durchsetzt und sehr bedeutend verworfen wird**).

In dem ursprünglich einheitlichen, flachgewölbten Triasgebiete beiderseits des jetzigen Mittelrheines ist die Trias nebst ihrem Hangenden und Liegenden während der Tertiärzeit durch 2 nordnordöstlich streichende Hauptspalten in parallele Streifen zerlegt worden, deren mittlere in die Tiefe sanken und so den heutigen Rheinthalgraben zwischen Mainz und Basel bildeten (Fig. 366), der nun von den stehen gebliebenen Gewölbeileilen, also den Abstürzen der beiderseitigen Bruchgebirge und zwar rechts vom

*) F. Römer. N. Jahrb. 1850. S. 385.

** Vergl. H. Bücking. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1880. S. 60. — W. Frantzen. ebend. S. 406. — M. Bauer. ebend. 1884. S. 4. — F. Moesta. ebend. 1883. S. 57. — J. G. Bornemann. ebend. 1883. S. 383. — A. v. Koenen. ebend. 1883. S. 487; 1884. S. 44; 1885. S. 53; 1893. S. 68. — E. Zimmermann. Erl. zu Blatt Stadtilm. 1892. S. 45.

Schwarzwald und Odenwald, links von den Vogesen und der Haardt überragt wird. Beide Hauptverwerfungen werden von Schwärmen unter-

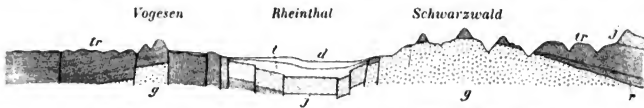


Fig. 398. Profil durch das mittlere Rheinthal. Nach E. Schumacher*).

g = Granit, Gneiß u. s. w.; — r = Rotliegendes; — tr = Trias; — j = Jura; — t = marines Tertiär; — d = Diluvium und Alluvium.

geordneter Sprünge begleitet, welche das stufenweise (staffelförmige) Absinken des Rheinthalgrabens verursachten (Benecke, Leppla, Schumacher, v. Werke).

Auch das ganze Triasareal zwischen Schwarzwald und Schwäbischer Alb ist von einer großen Anzahl von meist NW-SO, also schräg auf die Rheinthalpalten streichenden Sprüngen und Verwerfungen durchzogen und in gegen einander dislocierte Schollen zerlegt, die von dem krystallinischen Schwarzwaldhorste abgesunken sind (Eck, E. Fraas).

Die englische Trias (New Red Sandstone-Group).

In England ist der Muschelkalk nicht zur Ablagerung gelangt, so dass der Buntsandstein, welcher die Basis bildet, nach oben unmittelbar in die Keupermergel übergeht.

Die englische Äquivalentbildung des deutschen Buntsandsteines erreicht 600 m Mächtigkeit, besteht vorwiegend aus rötlichen und grünlichen Letten und roten Sandsteinen und umschließt hier und da verkieselte Coniferenstämme. Wie in Deutschland, so sind auch in England, z. B. in Storton Hill bei Liverpool, Fußtapfen von *Chirotherium* häufig. — Der Keuper beginnt mit 450, in Cheshire und Lancashire mit über 500 m mächtigen Mergeln, welche *Estheria minuta* führen, auch zuweilen Zähnchen von *Microlestes* enthalten und lenticuläre und stützartige Einlagerungen von Gyps und Steinsalz umschließen, wodurch sie zur Hauptsalzformation Englands werden. Auf sie folgt die Zone der *Avicula contorta* (das Rhät), bestehend aus schwarzen Schieferthonen, sowie aus weißen Sandsteinen mit *Avicula contorta*, *Protocardia Rhaetica*, *Estheria minuta* und einer dünnen Lage von Knochenbreccie, dem Bonebed, in welchem sich Zähne und Schuppen von *Hybodus plicatilis*, *Saurichthys apicalis*, *Gyrolepis tenuistriata*, *Termatosaurus*, also mit den Resten der deutschen rhätischen Knochenbreccie identische Skeletfragmente erkennen lassen. Auch Backzähnen von *Microlestes* sind in ihr angetroffen worden. Der

* E. Schumacher in: Straßburg u. seine Bauten. 1894. S. 5. Taf. I.

unterste Lias überlagert diese Schichten gleichförmig. Der früher zum Old Red gerechnete Sandstein von Elgin hat ziemlich zahlreiche Reptilienreste (Telerpeton, Stagonolepis, Rhynchosaurus, Hyperodapedon, Elginia, Gordnungia) sowie Zähne von Ceratodus geliefert.

Die New Red Sandstone-Formation in Nordamerika.

Die triadische New Red Sandstone-Formation besitzt in zwei Regionen des nordamerikanischen Continentes eine bedeutende Ausdehnung: am Ostabhange des Alleghany-Systemes, zwischen diesem und dem atlantischen Oceane, und zweitens in den Rocky Mountains. An der atlantischen Küste bildet der New Red Sandstone langgezogene schmale Streifen, welche den Gebirgsrücken der Alleghanies parallel laufen und trogartige Vertiefungen und synklinale Thäler innerhalb der archaischen Formation ausfüllen. Dieser triadischen Zone gehört der New Red Sandstone an, welcher die Prince Edwards-Inseln (im St. Lorenz-Golfe) ausschließlich zusammensetzt, die romantische Westküste Nova Scotias, das weite Connecticut-Thal bildet, sich durch New-Jersey, Pennsylvania und Maryland in Gestalt eines schmalen Bandes zieht und in Virginia, Nord- und Südcarolina in Form zahlreicher isolierter Schollen oder Becken auftritt. Obwohl sich diese triadischen Areale auf eine Linie von über 250 Meilen Länge verteilen, bleibt sich doch ihr petrographischer Gesamtcharakter auffällig gleich. Überall sind es rotbraune Sandsteine, die einerseits in untergeordnete Schiefer, anderseits in Conglomerate übergehen und hier und da eine Bank von unreinem Kalksteine, bei Richmond in Virginia und am Deep River in Nordcarolina wertvolle Steinkohlenflötze und Sphärosiderite umschließen. So sind bei Richmond vier Flötze aufgeschlossen, deren unterstes sich stellenweise zu 20 m Mächtigkeit aufbläht und zum Teil direct auf Gneiß aufлагert. Fast überall finden sich auf den Schichtenflächen des Sandsteines Wellenfurchen und Eindrücke von »vorweltlichen« Regentropfen.

Organische Reste sind in dem nordamerikanischen New Red Sandstone im allgemeinen selten. Die aufgefundenen Pflanzen sind Coniferen (Voltzia), Cycadeen (Pterophyllum, Otozamites), Farne (Clathropteris, Pecopteris) und Equisetaceen; sie besitzen einen ausgesprochenen Keuper-Charakter. Unter den tierischen Resten aus der amerikanischen Trias wiegen die von Wirbeltieren bei weitem vor allen übrigen vor, und zwar gehören sie nicht nur Fischen und Reptilien an, sondern man hat auch unter ihnen die Spuren von Säugetieren erkannt, welche dann im Verein mit dem deutschen Microlestes die ältesten Warmblüter auf Erden repräsentieren würden. Die Fische (Catopterus, Ischypterus) sind Ganoiden mit schwach heterocercalen Schwänzen, — die Reptilien haben nur in seltenen Fällen Knochenfragmente oder Zähne (so im Bonebed von Phönixville

in Pennsylvanien), meist nur ihre Fußtapfen in dem triadischen Schlamm zurückgelassen. Sie scheinen z. T. von Labyrinthodonten, der Mehrzahl nach aber von Dinosauriern herzuführen, schwanken in ihrer Größe zwischen wenigen Millimetern und 0,52 m und sind zahlreichen Species zugeschrieben worden. Die colossalsten derselben sind *Otozoum Moodii* und *Brontozoum giganteum* Hitch. (Fig. 367), deren Hinterfuß 0,63 m Länge besaß. Ebenso



Fig. 367. Fußabdruck von *Brontozoum* (*Ornithomimus*) *giganteum* Hitch. neben sog. vorweltlichen Regentropfen.

sind die Abdrücke der kleinen Vorderfüße, auf welche sich diese auf den Hinterbeinen gehenden Dinosaurier zuweilen niederließen, bekannt. Auch das Skelet eines solchen Dinosauriers (*Anchisaurus*) ist in dem New Red Sandstone von Connecticut gefunden worden. In der Trias von Nordcarolina vorkommende, winzige, bezahnte Unterkiefer (*Dromatherium sylvestre* Emmons, Fig. 368), und *Microconodon*



Fig. 368. *Dromatherium sylvestre* Emmons.

tenuirostris Osborn) gehören ähnlich wie der Stuttgarter *Microlestes* Beuteltieren an.

Überraschend ist die Unzertrennlichkeit zahlreicher dioritischer, diabasischer und melaphyrartiger Eruptivgesteine und des New Red Sandstone von Nordamerika, welche selbst in den kleinsten, schollenartigen Partien des letzteren auftreten und zwar die unteren Horizonte

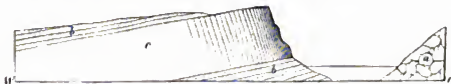


Fig. 369. Profil durch die Palissaden oberhalb New-York.

a Archaischer Gneiß und Syenit, — b Triadischer New Red Sandstone, im Contacte mit dem hangenden Diabaslager in Hornfels umgewandelt; — c Diabas, in 130 m hohe Säulen abgesondert.

desselben durchbrochen haben, dann aber als einstige Decken in Form ausgedehnter und mächtiger Platten den sedimentären Schichtenreihen zwischenlagert sind. Ihrer ausgeprägt säulenförmigen Structur verdankt das Con-

necticut-Thal einen großen Teil seiner romantischen Schönheit und ebenso sind die berühmten Palissaden des Hudsonflusses oberhalb New-York (Fig. 369) die Fassade des Ausgehenden einer in lauter bis 430 m hohe Säulen abgesonderten Diabaseinlagerung, welche die ihr Liegendes bildenden Schieferthone in Hornfelse metamorphosiert hat. In genetischer Verbindung mit diesen Diabasen kommen zahlreiche Mineralien vor, und zwar teils auf Kluftflächen in den Diabasen selbst, so die Apophyllite und Datolith von Bergenhill bei New-York, welche in fast alle deutschen Sammlungen gelangt sind, ferner die Zeolith des Cap Blomington in Nova Scotia, das gediegene Kupfer und Silber, sowie die Kupfererze von New-Jersey, — teils auf Spalten, welche den benachbarten New Red Sandstone in der Nähe des Contactes mit den Eruptivgesteinen durchsetzen, so die Schwerspat- und Kupferglanzgänge von Connecticut.

So viel über die atlantische Zone von New Red Sandstone. Die Formation jenseits des Mississippi, welche man für triadisch angesprochen hat, besteht aus ziegelroten Sandsteinen und Mergeln, ist reich an Gypsstöcken, bedeckt große Flächenräume am Ostabfalle der Rocky Mountains, in Idaho, Colorado und Texas, überlagert das Perm ungleichförmig und unterteuft jurassische Schichten. Eine derartige Stellung der betreffenden Formation macht ihr triadisches Alter höchst wahrscheinlich, wenn auch organische Reste aus denselben, abgesehen von einigen Farnen und Cycadeen, nicht bekannt sind.

Ähnliche pflanzen- und kohlenführende Triasablagerungen von terrestrer Facies sind bekannt in Argentinien und Chile. Noch andere haben enorme Verbreitung in Südafrika als obere Karooformation, in Bengalen als obere Abteilung der Gondwanaformation und in Südost-Australien als Hawkesbury-Schichten, die jedoch sämtlich auch als Perm angesprochen werden (vergl. die Tabelle S. 487). In den beiden



Fig. 370. *Dicynodon feliceps* Ow.

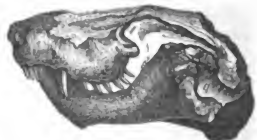


Fig. 371. *Lycosaurus curvimola* Ow.

ersteren, namentlich in der Karooformation findet sich eine formenreiche Vergesellschaftung von großen Landreptilien (Theromorpha), welche in ihrem Schädel- und Skeletbau eine merkwürdige Vereinigung von Reptilien-, Amphibien- und Säugetier-Merkmalen aufweisen, so der plump-

knochige Pareiosaurus, sowie Dicynodon (Fig. 370) mit schneidenden, schnabelartigen Kiefern wie unsere Schildkröten, und gewaltigen, zugespitzten Eckzähnen, ferner Lycosaurus (Fig. 374) mit raubtierartigem Gebiss. Die Säugetiere sind in dem oberen Karoosandstein durch das beuteltierartige Tritylodon vertreten.

B. Die pelagische Facies der Trias.

Die Verbreitung der pelagischen Trias umfasst den ganzen Umkreis des pacifischen und des arktischen Oceans, ferner das Gebiet eines central-asiatischen Mittelmeeres, als dessen westlicher Ausläufer sich das mediterrane Becken darstellt. Letzterem entstammen auch die triadischen Ablagerungen der Alpen und zwar namentlich der Ostalpen. Diese alpine Trias ist der am genauesten bekannte Repräsentant der pelagischen Ablagerungen dieser Periode. Von ihr geht deshalb unsere Kenntnis und somit auch die folgende Beschreibung der pelagischen Trias aus.

Die alpine Trias.

Litteratur.

- F. v. Richthofen. Geogn. Beschreib. d. Umg. v. Predazzo, St. Cassian u. d. Seißer Alp in Südtirol. Gotha 1860.
- C. W. Gumbel. Geogn. Beschreibung des Bayerischen Alpengebirges. Gotha 1858 bis 1861. S. 453 bis 429.
- F. W. Benecke. Trias und Jura in den Südalpen. München 1866. — Über die Umgebungen von Esino in der Lombardei. Geogn.-paläont. Beitr. II. 3. München 1876. — Erläut. zu der geognost. Karte des Grignagebirges. N. Jahrb. Beil. Bd. III. 1885. S. 474. — Bemerkungen über d. Gliederung der oberen alpinen Trias. Ber. d. naturf. Ges. Freiburg i. B. Bd. IX. 1895. S. 221.
- R. Lepsius. Das westliche Südtirol. Berlin 1878.
- E. v. Mojsisovics. Das Gebirge um Hallstatt. Mit 32 Tafeln. Wien 1875. — Die Dolomitriffe Südtirols und Venetiens. Nebst Atlas. Wien 1878. — Die Cephalopoden der Mediterranen Triasprovinz. Abh. d. k. k. geol. R. Wien. Bd. X. 1882. Mit 94 Tafeln. — Die Cephalopoden der Hallstätter Kalke. Ebend. B. VI. 1893. Mit 130 Tafeln.
- A. Bittner. Trias von Judicarien u. Val Sabbia. Jahrb. d. k. k. geol. R. Wien 1881. S. 222. — von Recoaro; ebend. 1883. S. 563. — vom Kaisergebirge; ebend. 1890. S. 437. — Was ist Norisch? ebend. 1892. S. 387, 1894. S. 233 u. 394. — Brachio-poden d. alp. Trias. Abh. d. k. k. geol. R. XIV. Wien 1890. u. a.
- A. Rothpletz. Geol. Querschnitt durch die Ostalpen. Stuttgart 1894. S. 25—80.
- W. Salomon. Geol. u. paläont. Studien über die Marmolata. Palaeontogr. XLII. Stuttgart 1895.
- v. Wöhrmann. Alpine u. außeralpine Trias. N. Jahrb. 1894. II. S. 1.
- F. Frech. Die Karnischen Alpen. Halle 1894. S. 378.

Außerdem noch zahlreiche Aufsätze und z. T. umfangreiche Monographien von A. Bittner, W. Deecke, C. W. Gumbel, F. v. Hauer, G. Laube, E. v. Mojsisovics, Rothpletz, G. Stache, D. Stur, F. Sueß, Töula, v. Wöhrmann.

Während der Buntsandstein und der Muschelkalk in den Alpen eine unverkennbare Ähnlichkeit zu denen Deutschlands bewahren, macht sich die pelagische Facies der alpinen Trias vorzüglich in der durchaus abweichenden Entwicklung des Keupers und zwar derart geltend, dass sich dort eine der deutschen Trias analoge Dreigliederung nur auf künstlichem Wege durchführen lässt.

Der Buntsandstein besitzt in den Alpen ungefähr den nämlichen petrographischen Charakter wie außerhalb derselben, jedoch geringere Mächtigkeit und eine eigentümliche Fauna (*Pseudomonotis Clarai*, *Naticella costata*, *Tirolites Cassianus*), daneben aber mit der deutschen Trias gemeinsam *Myophoria costata* und *Myacites Fassaensis*.

Der Muschelkalk der Alpen führt gemeinsam mit dem in Nord- und Mitteldeutschland *Terebratula vulgaris* und *angusta*, *Spirigera trigonella*, *Spiriferina fragilis*, *Spiriferina hirsuta*, *Rhynchonella decurtata*, *Myophoria vulgaris*, *Lima striata*, *Gervillia socialis*, *Pecten discites*, *Ceratites trinodosus*, *Encrinurus gracilis*, denen sich in vereinzelter Funde *Ceratites nodosus* zugesellt (Tornquist).

Der Keuper aber erscheint in den Alpen ganz anders ausgebildet als weiter nördlich in Deutschland. Während er hier aus einem Complex von vorherrschend thonigen, mergeligen und sandigen Gesteinen mit eingelagerten Kohlen und Gypsen besteht, schwellen in den Alpen kalkige und dolomitische Sedimente zu einer enormen Mächtigkeit an, und bergen zugleich eine ungeahnte Formenfülle von Cephalopoden, Gastropoden, Muscheln, Echinodermen und Korallen. Überraschend ist vor allem der hier herrschende Reichtum an Cephalopoden. Neben *Orthoceras* und *Nautilus*, sowie den Vorläufern der Belemniten (*Aulacoceras* und *Atractites*) sind die Ammoniten in mehr als 1000 Arten der mannigfaltigsten Typen bekannt, bei denen z. T. die Zerschlitzung und Verzweigung der Sutura die größte Complicirtheit erreicht. Hierher gehören die Familien der *Arcestidae*, *Cladiscitidae*, *Tropitidae* und *Pinacoceratidae*, welche auf die alpine Trias beschränkt sind, ferner die Vorfahren der jurassischen Familien der *Amaltheen* und *Phylloceraten*. Ihnen gesellen sich als charakteristische Zweischaler *Halobia*, *Daonella*, *Monotis* und *Megalodus* zu. Kalkalgen (*Gyroporella* und *Diploporella*) stellen sich in riffbauender Massenhaftigkeit ein. Erst im obersten Niveau der alpinen Trias macht sich wieder eine größere Übereinstimmung mit der deutschen Trias geltend, indem auch sie ihren Abschluss durch die Stufe der *Avicula contorta* erhält. Wegen der sonst vollständigen Unähnlichkeit der auf den alpinen Muschelkalk folgenden triadischen Schichtenreihe mit dem Keuper Deutschlands und wegen der Unsicherheit der Grenzziehung zwischen alpinem Muschelkalk und Keuper pflegt man dieselbe nicht als solchen, sondern als obere alpine Trias zu bezeichnen und gliedert sie nach dem

neuesten Vorschläge von E. v. Mojsisovics von unten nach oben in die Norische, die Karnische, die Juvavische und die Rhätische Stufe.

Innerhalb der Gesamtheit dieser wesentlich dem Keuper äquivalenten oberen Trias sowie in einzelnen Abteilungen derselben macht sich nun überall ein oft außerordentlich rascher und durchgreifender Facieswechsel geltend, so dass ein und dieselbe Stufe bald in Form weicher Schiefer, Mergel und Sandsteine oder als vulkanischer Tuff, bald als wohlgeschichteter fester Kalkstein oder als massiger Dolomit ausgebildet sein kann, welcher letztere in Gestalt gewaltiger Dolomitriffe bis zu fast 2000 m Mächtigkeit anzuschwellen vermag. Die Schroffheit und wilde Zerrissenheit, zu welcher diese Kalke und Dolomite hinneigen und welche durch den fast unvermittelten Facieswechsel zwischen ihnen und den weichen Schiefern und Mergeln noch gefördert wird, sind es, welche jenen Gebieten der Ostalpen ihre eigenartige landschaftliche Schönheit verleihen. Hand in Hand mit diesem raschen Wechsel der petrographischen Beschaffenheit geht ein solcher des paläontologischen Charakters der alpinen Triasablagerungen, — Verhältnisse, welche deren Gliederung, Parallelisierung und übersichtliche Darstellung außerordentlich erschweren.

Die allgemeine Gliederung der alpinen Trias ist aus der auf S. 553 gegebenen tabellarischen Zusammenstellung ersichtlich und wird auf den folgenden Seiten etwas eingehender erörtert werden.

Eine specielle Zonengliederung der alpinen Trias auf Grund ihrer Cephalopodenfaunen führte E. v. Mojsisovics ein*). Seinen bezüglichlichen Arbeiten schließt sich die auf S. 552 wiedergegebene Übersicht über die Gliederung der gesamten pelagischen Trias von E. v. Mojsisovics, W. Waagen und C. Diener**) an.

I. Die untere alpine Trias.

1. Der alpine Buntsandstein.

Werfener Schichten. Ihre untere Abteilung, die Seißer Schichten, bestehen aus meist rot, oft aber auch grün und grau gefärbtem, z. T. schieferigem Buntsandstein, die Schichtflächen oft reich an Glimmerblättchen, oder aus bunten Mergelkalken. In ihren höheren Lagen wechseln erstere mit Bänken von dunklem und rötlichem Kalkstein (Campiler Schichten). Auf sie folgen Zellendolomite und Gypslager. Paläontologisch gliedern sich die Werfener Schichten von unten nach oben in die Clarai-Schichten mit

*) Vergl. Sitzber. d. k. Akad. d. Wiss. Wien. math.-naturw. Cl. B. Cl. Abt. I. 1892. S. 780.

**) Ebend. B. CIV. Abt. I. 1893. S. 4271.

Übersicht der Gliederung der pelagischen Trias.

Untere Trias nach W. Waagen und C. Diener; Obere Trias nach E. v. Mojsisovics.

	Serien	Stufen	Mediterrane Triasprovinz		Indische und arktisch-pazifische Triasprovinzen	
			Zonen	Schichtbezeichnung	Zonen	Schichtbezeichnung
Obere	Bajuvarisch	Rhätisch	22. Z. der <i>Avicula contorta</i>	Köfener Sch.	Juvavische Cephalopodenfaunen des Himalaya	Monotis-Schichten von Rott u. Peru
		Juvavisch	21. Z. des <i>Sirenites Argonautae</i>	Juvavische Hallstätter Kalke		
			20. Z. d. <i>Pinaceras Metternichi</i>			
			19. Z. d. <i>Cyrtopleurites bicrenatus</i>			
			18. Z. des <i>Cladiscites ruber</i>			
	17. Z. des <i>Sagenites Giebeli</i>					
	Trias	Karnisch	16. Z. des <i>Tropites subbullatus</i>	Sandling Sch.	Karnische Cephalopodenfaunen des Himalaya	Halobien-Schichten von Rott, Subbullatus-Kalke in Californien
			15. Z. des <i>Trachyceras Aonoides</i>	Raibler Sch.		
			14. Z. des <i>Trachyceras Aon.</i>	Cassianer Sch.		
		Tirolisch	Norisch	13. Z. des <i>Protrachyceras Archelaus</i>	Wengener Sch.	Nipon-Schichten auf Japan, Halobien-Schichten in Californien
12. Z. d. <i>Dinarites avianus</i>				Marmolatakalk		
11. Z. des <i>Protrachyceras Curioni</i>	Buchensteiner Sch.					
Untere	Dinarisch	Anisisch	10. Z. des <i>Ceratites trinodosus</i>	Oberer Muschelkalk	Z. des <i>Ptychites rugifer</i>	Muschelkalk des Himalaya, der Ost- und Nord-sibirischen Küste, von Star Peak in California
			9. Z. des <i>Ceratites binodosus</i>	Unterer Muschelkalk	Z. des <i>Sibirites Prahlada</i>	Brachiopoden-Schichten mit <i>Rhynchonella Griesbachi</i> (Himalaya)
		Hydaspiisch			Z. des <i>Stephanites superbus</i>	Obere Ceratiten-Kalke der Salt Range, Posidon- u. Daonellakalke von Spitzbergen
	Trias	Jakutisch	Z. des <i>Tirolites Cassianus</i>	Werfener Schichten der Ostalpen	7. Z. des <i>Flemingites Flemingianus</i>	Ceratiten-Sandstein der Salt Range, Subrobustus Beds des Himalaya, Olenek-Schichten in Nord-sibirien, Moskoceras Schichten in Idaho u. Pseudomonotis-Kalke in California
					6. Z. des <i>Flemingites radiatus</i>	
		Skythisch			5. Z. des <i>Ceratites normalis</i>	
					4. Z. des <i>Propyrites trilobatus</i>	Ceratite Marls der Salt Range, Ussuri-Schichten in Ostsibirien
					3. Z. des <i>Propyrites Lawrenceanus</i>	
	Brahmanisch		2. Z. des <i>Gyrogonites frequens</i>	Untere Ceratiten-Kalke der Salt Range		
			1. Z. des <i>Otoceras Woodwardi</i>	Otoceras Beds des Himalaya		

Gliederung der alpinen Trias.

			Normale Facies in verschiedenartiger örtlicher Entwicklung	Riffacies
Obere alpine Trias	Keuper	Rhätische Stufe	Koßener Schichten und Plattenkalke.	Oberer Dachsteinkalk
		Juvavische Stufe	Hallstätter Kalke und Zlambach-Schichten.	Hauptdolomit, Dachsteinkalk und Korallenriffkalk.
		Karnische Stufe	Torer-Schichten, Raibler und Cardita-Schichten nebst Lunzer Schichten.	
		Norische Stufe	Haller Schichten, Cassianer, Wengener und Partnach- (= Lommeli-) Schichten.	Wettersteinkalk, Schlern-dolomit, Marmolatakalk, Dolomit von Raibl, Esiuokalk.
Untere alpine Trias	Muschelkalk	Oberer	Buchensteiner Schichten, Reiflinger und Recoarokalk, Trinodosuskalk, Brachiopodenkalk.	Mendoladolomit.
		Unterer	Dadoerinskalk, Guttensteiner Kalk.	
	Buntsandstein		Werfener Schichten (Myophorien = Campiler Schichten; Clarai = Seißer Schichten).	

Pseudomonotis Clarai (Fig. 372) und *Myacites Fassensis* und die *Myopho-*



Fig. 372. *Pseudomonotis Clarai* Emm.

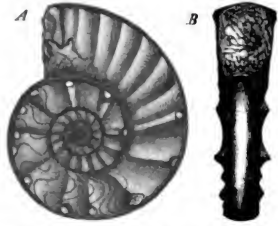


Fig. 373. *Ceratites (Tirolites) cassianus* Quenst.
A von der Seite; B von vorn.

rienschichten mit *Myophoria costata*, *Gervillia socialis*, *Naticella costata* und *Ceratites (Tirolites) cassianus* (Fig. 373).

2. Der alpine Muschelkalk.

Die mannigfaltigste Entwicklung besitzt der alpine Muschelkalk bei Recoaro in den Vicentinischen Alpen und gliedert sich hier wie folgt:

1. Unterer Muschelkalk. Dunkle Mergel, Kalke und Dolomitbänke mit *Dadocrinus gracilis*.

2. Oberer Muschelkalk:

a. *Brachiopodenkalk* mit *Rhynchonella decurtata*, *Spirigera trigonella*, *Spiriferina Mentzeli*, *Terebratula vulgaris* und *angusta*.

b. Weißer und grauer Spizzekalk, gastropodenreich und schwarze Kalke mit *Diplopora triadica*.

c. Rote Kalke mit *Ceratites nodosus*. Kieselkalke und Pietre verde.

Dem unteren Muschelkalk entspricht in den Alpen die Zone des *Cerat. binodosus*, dem oberen diejenige des *Cerat. trinodosus* (E. v. Mojsisovics, S. 552), und zu oberst die Zone des *Cerat. nodosus* (A. Tornquist). Letzterer sind die Buchensteiner Schichten, dunkle Bänderkalke mit Hornsteinlagen äquivalent.



Fig. 374. *Ceratites trinodosus* Mojs.

Eine locale Facies des unteren Muschelkalkes ist der Guttensteiner Kalk; eine Localbezeichnung für den oberen Muschelkalk ist Reiflinger Kalk und für den *Trinodosus*-kalk Prezzokalk.

Die normale Schichtenreihe des alpinen Muschelkalkes kann teilweise oder gänzlich durch Dolomite (Mendoladolomit) oder durch den unteren Complex des Esinokalkes ersetzt werden (S. 553).

II. Die obere alpine Trias.

1. Norische Stufe (Ladinische Stufe Bittner's).

Die norischen Ablagerungen sind in großer Faciesmannigfaltigkeit entwickelt und zwar 1) in einer Mergel- und Schieferfacies, die nach örtlichen Unterschieden als Wengener, Partnach und Cassianer Schichten bezeichnet wird; 2) in einer Riffacies als Schlerndolomit, Wettersteinkalk, Marmolatakalk und Esinokalk.

1. Die Mergel- und Schieferfacies:

Die Wengener Schichten, dunkle Schiefer mit Tuffen wechselnd, mit *Halobia* (*Daonella*) *Lommeli* (Fig. 375) und Ammoniten aus der Gruppe des *Trachyceras* (*Tr. Archelaus*, Fig. 376).



Fig. 375. *Halobia* (*Daonella*) *Lommeli* Wissn.

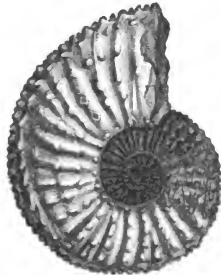


Fig. 376. *Trachyceras Archelaus* Laube.

Die Cassianer Schichten*), Mergel und oolithische Mergelkalke, die kalkige Facies der Wengener Schichten, welche selbst Kalklinsen mit Cassianfauna umschließen (Cipitkalke). In diesen kommt namentlich auf der Stuores Wiese bei St. Cassian eine Fülle wunderbar schön erhaltener Versteinerungen vor, von denen Laube 37 Ammoniten, 3 *Orthoceras*, 205 Gastropoden, 70 Acephalen, 33 Brachiopoden, 29 Echiniden, 10 Crinoideen, 42 Korallen und 36 Spongien beschrieb, eine eigentümliche Mischfauna von paläozoischen und mesozoischen Formen, die sich gleichzeitig durch ihre Zwerghaftigkeit auszeichnen. Einige ihrer wichtigsten Vertreter sind: *Trachyceras Aon* Münster. (Fig. 377), *Orthoceras elegans* Münster., *Bellerophon nautilus* Münster., *Monodonta*

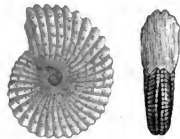


Fig. 377. Ammonites (*Trachyceras*) *Aon* Münster.

*) Vergl. Maria M. Ogilvie. Geology of the Wengen and St. Cassian Strata. Quart. Journ. Geol. Soc. London 1893. S. 4.

Cassiana Wissm., Macrocheilus obovatus M., Phasianella Bronni Wissm., Murchisonia Blumi Münst., Nucula lineata Goldf., Nuc. strigilata Goldf., Gervillia angusta Münst., Cassianella gryphaeata Münst., Cardita crenata Münst. (Fig. 378), Koninckina Leonardi Wissm. u. a.



Fig. 378. Cardita crenata Münst.

Die Partnach-Schichten, dunkle, petrefactenarme Schiefer, welche in den nordtiroler, sowie in den bayerischen Alpen auf den Muschelkalk folgen und ebenfalls Halobia Lommeli führen.

Die Haller Schichten (Rothpletz) von Raibl, Nordtirol und Bayern; etwa 100 m mächtige Mergel, Kalke und Sandsteine mit Ostrea montis caprilis, aber auch Cassianer Arten.

2. Als kalkige und dolomitische Riff-facies dieser Ablagerungen können an Stelle derselben treten:

a. der Schlern-Dolomit Südtirols (siehe Fig. 379), ein typischer, massiger, krystallinisch körniger Dolomit, am Schlern 1000 m mächtig, mit undeutlichen Resten globoser Ammoniten und seltenen Abdrücken von Korallen. Die gewaltigen, grotesken, von ihm gebildeten Dolomitkofel sind von F. v. Richthofen und E. v. Mojsisovics*) als bereits ursprünglich, zur Zeit ihres

*) F. v. Richthofen. Z. d. D. geol. Ges. 1874. S. 225. — E. v. Mojsisovics. Sitzb. d. k. Akad. d. Wiss. Wien. I. Abt. Mai 1875. — Ders. Dolomit-Riffe v. Südtirol. Wien 1879. S. 484. Kap. XVI.

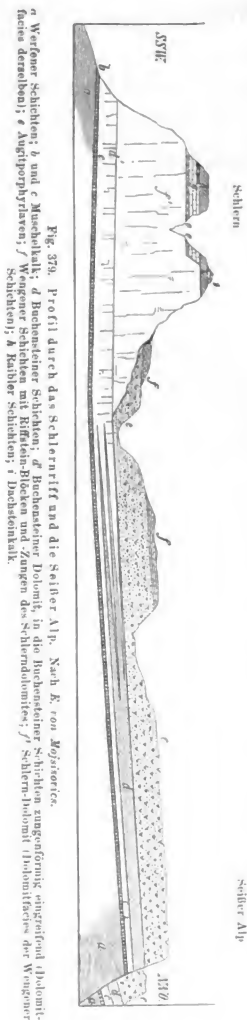


Fig. 379. Profil durch das Schlernriff und die Seilner Alp. Nach K. von Mojsisovics. a Werfener Schichten; b und c Muschelkalk; d Buchensteiner Schichten; e Angitporphyra; f Wengener Schichten mit Riffstein-Blocken und -Zungen des Schlerndolomites; g Schlern-Dolomit; h Kahler Schichten; i Dachsteinkalk.

Werdens getrennte Massen erkannt und zwar als dolomitisierte Korallenriffe gedeutet worden. Letzterer Anschauung widersprachen namentlich M. Ogilvie, Rothpletz und Salomon*), welcher letztere die Dolomitmassen Südtirols auf Diploporen-Anhäufungen zurückführt, während sie Rothpletz allgemeiner als Anspeicherungen von Resten dort sesshaft gewesener Tiere und Pflanzen erklärt.

b. der Esinokalk der Lombardei; lichtgraue Kalke.

c. der Wettersteinkalk; weiße Kalksteine und lichte Dolomite, über 1000 m mächtig, welche in Nordtirol und den bayerischen Alpen über den Partnach-Schichten oder direct auf den Muschelkalk folgen. Sie sind stellenweise recht reich an Versteinerungen, jedoch ist deren Erhaltungszustand nicht günstig. Unter ihnen treten Kalkalgen und zwar vorzüglich *Diplopora annulata* Schafh. sp. (Fig. 380) in gesteinsbildender Menge auf. Auch Korallen erfüllen oft ganze Bänke, unbestimmbare Ammoniten sind häufig, außerdem kennt man *Chemnitzia Rosthorni* Hörn., *Chemn. Escheri* Hörn., *Chemn. eximia* Hörn., *Megaphyllites Jarbas* Münt., *Monotis salinaria* Bronn. Der Wettersteinkalk setzt vorzüglich das Zug-, Wetterstein- und Karwandelgebirge, die Kalkgebirge des Innthales bei Innsbruck zusammen.



Fig. 380. *Diplopora annulata* Schafh. sp.

d. der Marmolatakalk; weiße und graue Kalksteine von etwa 1000 m Mächtigkeit, die direct auf den Buchensteiner Kalk folgen und neben zahlreichen Diploporen und Foraminiferen z. B. *Spiriferina fragilis*, *Halobia Lommeli* und *Dinarites avisianus* führen (Salomon l. c.).

2. Karnische Stufe.

Raibler Schichten, rötliche mergelige und kalkige Bänke, nebst den dunklen, ebenflächigen Raibler Fischschiefern, mit Halobien, Trachyceraten (*Tr. aonoides*), *Pinacoceras floridus* Wulf. (Fig. 382), Fischen, Crustaceen und Pflanzen, besonders mit *Corbis Mellingi* Hauer und *Myophoria Kefersteini* Goldf. (Fig. 384). Auf dem Schlernplateau treten rote eisenschüssige oolithische, kalkig-sandige Schichten namentlich mit *Myophoria Kefersteini* Goldf. (Fig. 384), bei Heiligenkreuz Bänke von Muschelmarmor auf, welche *Perna aviculæformis* Emm., *Corbis Mellingi* Hauer führen. In den bayerischen Alpen werden die Raibler Schichten vertreten durch Mergel, Kalke und Schiefer mit *Cardita Gumbeli* (*Cardita*-Schich-

*) Miss M. Ogilvie. Coral in the Dolomites of S. Tyrol. Geolog. Magazine. London 1894. Jan. — A. Rothpletz. Ein geolog. Querschnitt durch die Ostalpen. 1894. S. 43. — W. Salomon. Geol. u. pal. Studien über d. Marmolata. Palaeontogr. XLII. 1895. S. 24.

ten). Die oberen Horizonte der Raibler Schichten mit *Ostrea montis caprillis*, *Astarte Rosthorni*, *Pecten filiosus* werden als **Torer Schichten** bezeichnet.

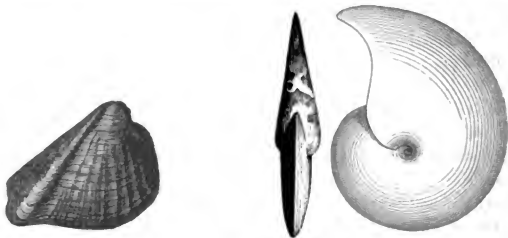


Fig. 351. *Myophoria Kefersteini* Goldf.

Fig. 352. *Ammonites (Pinacoceras) floridus* Wulf.

In den niederösterreichischen Alpen erscheint als Äquivalent der Raibler Schichten der Lunzer Sandstein, grünlichgrauer, feinglimmeriger Sandstein mit Schieferthonen und Kohlenflötzen, sowie mit einer typischen Keuperflora, so *Equis. arenaceum*, *Pteroph. Jaegeri*, *Lepidopteris Stuttgartensis*, im Osten mit abbauwürdigen Steinkohlenflötzen.

3. Juvavische Stufe (Norische Stufe Bittner's).

Die verbreitetsten und bis über 1800 m mächtigen Vertreter dieser Stufe sind Kalk- und Dolomitriffe, nämlich Korallenriffkalke, ferner der fossilfreie Hauptdolomit, ein lichter, feinkörniger, z. T. deutlich geschichteter, z. T. zerrissener und zerklüfteter, splittiger Dolomit, und der untere Dachsteinkalk*). In den Nordalpen vom Rheinthal bis nahe an das Wiener Becken in mächtigen Bergmassen entwickelt, ebenso in der südlichen Triaszone. Der Dachsteinkalk mit Gyroporellen, ferner mit *Avicula exilis*, *Turbo solitarius*, hier und da mit Fischresten (*Semionotus*, *Lepidotus*, *Pholidophorus*); local (Salzkammergut, Ampezzaner Alpen, Recoaro, Friaul) mit Hallstätter Cephalopoden. Er geht in den nördlichen Alpen nach oben zu in Plattenkalke über, welche oft erfüllt sind von kleinen Schneckensteinkernen (*Rissoa alpina* Gümb.).

Der Hallstätter Kalk**). Die eigenartige Entwicklung der faunen-

*) E. v. Mojsisovics. Über den chronolog. Umfang d. Dachsteinkalkes. Sitzb. d. k. Akad. d. Wiss. Wien. Math.-naturw. Cl. CV. Abt. I. 4. Jan. 1896.

**) E. v. Mojsisovics. Die Hallstätter Entwicklung der Trias. Sitzber. d. k. Akad. d. Wiss. Wien. Math.-naturw. Cl. Bd. CI. Abt. I. 1892. S. 769. — v. Mojsisovics, Waagen u. Diener. Gliederung d. pelag. Sedimente der Trias, ebend. Bd. CIV. Abt. I 1895. S. 4.

reichen Trias des Salzkammergutes (von Hallein, Hallstatt, Aussee, Berchtesgaden) beginnt bereits im Muschelkalke und reicht durch die ganze obere Trias bis an die untere Liasgrenze. Die Verbreitungsgebiete dieser Hallstätter Facies sind räumlich sehr beschränkt und bilden nur isolierte kleine



Fig. 383.



Fig. 384.



Fig. 386.



Fig. 385.

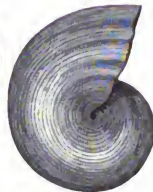


Fig. 387.

Aus dem juvavischen Hallstätter Kalk.

Fig. 383. *Orthoceras dubium* Hauer. — Fig. 384. *Ammonites* (*Arcestes*) *gigantogaleatus* Mojs. — Fig. 385. *Cladiscites tornatus* Br. — Fig. 386. *Ammonites* (*Pinacoceras*) *parma* Mojs. — Fig. 387. *Monotis salinaria* Schloth.

Gebirgspartien inmitten der zu gewaltiger Ausdehnung und Mächtigkeit gelangenden mit ihnen gleichalterigen Wetterstein- und Dachsteinkalke. Sie repräsentieren augenscheinlich die zwischen den 1500 bis 2000 m

mächtigen Riffkalken am Boden des Meeres in höchstens 200 m Mächtigkeit abgelagerten Kalkniederschläge.

Das herrschende Gestein der Hallstätter Triasfacies ist ein meist undeutlich gebankter Kalkstein von licht gelblichrötlicher oder grauer Farbe. Intensiver gefärbte, sog. Marmore kommen nur untergeordnet vor, ohne an ein bestimmtes Niveau gebunden zu sein. Letzteres gilt auch von den ziemlich allgemein verbreiteten Mergeln und Plattenkalken, welche als Zlambachschichten bezeichnet werden und bankweise ziemlich reich an Fossilien sind (Choristoceras, Cochloceras, Bivalven, Halorellen und Korallen). Dieser früher als Basis der Hallstätter Kalke aufgefasste Schichtencomplex führt bei Ischl, Hallstatt, Aussee, Hallein und Berchtesgaden Einlagerungen von Salzthon, Haselgerbigie und abbauwürdigem Steinsalz.

Nach der verticalen Verteilung der in dem Hallstätter Schichtencomplex enthaltenen Ammoniten gliedert E. v. Mojsisovics denselben in eine größere Anzahl von Horizonten, von denen die unteren sich mit solchen des übrigen alpinen Triasgebietes decken, während er die von letzteren in so hohem Grade abweichenden oberen cephalopodenreichen Zonen als Juvavische Stufe zusammenfasst (siehe S. 552). Ebenso wie dieses erhellt aus der auf S. 552 gegebenen tabellarischen Übersicht auch die Thatsache, dass dieser obere Teil des Hallstätter Kalkes ein Äquivalent des Dachsteinkalkes und Hauptdolomites ist, in denen A. Bittner Nester von Hallstätter Cephalopoden nachgewiesen hat. Ähnliche Vorkommnisse sind auch aus den Ampezzaner Alpen, aus Friaul und von Recoaro bekannt geworden, so dass die Hallstätter Fauna sich innerhalb der Alpen nicht auf das Salzkammergut beschränkt.

Die juvavischen Hallstätter Kalke sind im allgemeinen frei von organischen Resten. Diese concentrieren sich vielmehr auf locale Nester oder auf rote Kalksteinlinsen im hellen Kalke, welche eine Mächtigkeit von 4 m und eine Länge von 30 m erreichen. In ihrer Fauna herrschen Cephalopoden und zwar neben Orthoceratiten (Fig. 383) Ammoneen vor und unter diesen die Familien der Arcestidae, Tropitidae, Ceratitidae, Cladiscitidae und Pinacoceratidae (Fig. 384 bis 386). Von Zweischalern stellt sich *Monotis salinaria* (Fig. 387) oft in großer Menge ein.

4. Rhätische Stufe.

4. Die Kößener Schichten (*Avicula contorta*-Zone). Versteinerungsreiche, kalkigthonige Schieferthone und Mergel, denen zahllose dünne Bänkechen dunkelgrauen Kalkes zwischengelagert sind. Letztere sind reich an Zweischalern und Brachiopoden, vorzüglich *Avicula contorta* Portl., *Gervillia inflata* Schafh., *Gerv. praecursor* Quenst., *Protocardia rhaetica* Mer., *Cardium cloacinum* Quenst., *Card. austriacum* Hau., *Terebratula gregaria*

Suß, *Spirigera oxycolpos* Emmr., *Spirifer uncinatus* Schafh. Sehr häufig sind auch die ästigen Formen der Lithodendren.

2. Der obere Dachsteinkalk bildet die Höhe vieler alpinen Dolo- mitplateaus, berüchtigt durch ihre Wasserarmut und ihre Karrenfelder (so auf dem Hagen-, Tannen-, Dachstein- und Totengebirge). Er ist ein dunkler, reiner, dichter Kalkstein, oft voll großer, herzförmiger Muscheldurchschnitte von *Megalodus triquetus* Hauer (der sog. Dachstein-Bivalve Fig. 388), in manchen Bänken mit Korallen und Tiefseeforaminiferen. Wo die Mergel der Kößener Schichten nicht zur Ausbildung gelangt sind, verschmilzt Hauptdolomit, Plattenkalk, unterer und oberer Dachsteinkalk zu jenen colossalen Kalkmassen des Stein-, Watzmann-, Reutalp-, Dachstein- und Göhlgebirges.



Fig. 388. *Megalodus triquetus* Hauer.

Auf die rhätischen Schichten folgt an vielen alpinen Localitäten der unterste Lias, die Zone des *Ammonites planorbis*.

Eruptivgesteine der alpinen Trias. Im auffälligsten Gegensatz zu dem vollständigen Ausschluss gleichalteriger eruptiver Gesteine innerhalb der deutschen Trias ist die entsprechende alpine Formation reich an Gesteinen, deren Eruption in den Verlauf der triadischen Periode fällt und welche jetzt z. T. als intrusive Lagergänge, z. T. mit Tuffen verknüpft, als Decken zwischen die Sedimentgesteine eingeschaltet erscheinen, so der Raibler Felsitporphyr auf der oberen Grenze des Muschelkalkes der julischen und karnischen Alpen, ferner die Augitporphyre, Melaphyre und Diabasporphyrite nebst ihren Tuffen (Wengener Tuffschiefer, Pietra verde) zwischen den Buchensteiner, Wengener und Raibler Schichten der Val Trompia, des Fassathales, der Seißer Alp, von St. Cassian und der Mendola.

Von stockförmigen, also jüngeren Eruptivmassen gehören der Trias Südtirols an namentlich der Tonalit-Granitstock des Adamello, ferner diejenigen von Predazzo und vom Monzoni in Südtirol. Der Eruptivstock von Predazzo durchsetzt die Werfener Schichten, den Muschelkalk, die Buchensteiner und Wengener Schichten und ist ebenso wie sein Contact mit den letztgenannten triadischen Schichten, die hier eine typische Metamorphose erlitten haben (vergl. S. 295), durch die tiefen Erosionsthäler des Avisio und Travignolo ausgezeichnet aufgeschlossen. Derselbe besteht randlich aus Augitsyenit (Monzonit), dessen rasch erstarrte Oberflächen-

ergüsse die Decke von Plagioklas-Porphyr auf dem Mulatto bilden. Die später eingedrungene Kernmasse des Eruptivstockes ist ein rötlicher Biotitgranit und Turmalingranit, welcher Apophysen von Aplit und feinkörnigem Granit sowohl in den Monzonit wie in die Porphyritdecke absendet. Die Contactflächen zwischen dem alten Eruptionskanale und dem durchbrochenen Sedimentgebirge convergieren in der Regel gegen das Innere des Stockes so dass dieser sich nach oben erweitert, über die Schichten übergreift und ungefähr trichterförmige Gestalt besitzt. Als jüngste Eruptionsproducte durchsetzen wenig mächtige Gänge von Camptonit und Liebenerritporphyr die sämtlichen übrigen Gesteine des Stockes. Der weiter nordöstlich gelegene Eruptivstock des Monzoni besteht wesentlich aus Monzonit mit randlichen Schlieren von Pyroxenit, welche ebenfalls von Gängen von Camptonit und Liebenerritporphyr durchsetzt werden *). Auch dieser Stock durchbricht die triadischen Schichten, welche sowohl an ihrer Begrenzungsfläche mit jenen, wie an den in der Eruptivmasse eingeschlossenen Fragmenten die S. 295 geschilderten Contacterscheinungen aufweisen.

Die aufseralpine pelagische Trias**).

1. Pelagische Vertreter des Buntsandsteines (siehe die Tabelle auf S. 552).

am Bogdo-Berge in der astrachanischen Steppe (Werfener Schichten);
in der Salt Range in Indien (Untere Ceratiten-Kalke, Ceratiten-Mergel und Sandstein);
im Himalaya (Otoceras Beds und Subrobustus Beds);
am Unterlaufe des Olenek und auf der Insel Kotelnj in Nordsibirien;
in Idaho in den Rocky Mountains (Meekoceras Beds);
in California in den S. Ana Mts. (Pseudomonotis-Kalke).

2. Pelagische Vertreter des Muschelkalkes.

in den Westkarpathen, in Bosnien, Dalmatien, bei Ismid am Marmara-Meere***);
in der Salt Range (Obere Ceratiten-Kalke);
im Himalaya (Muschelkalk);
auf der Insel Russky, am Olenek, an der Lenamündung in Nordostsibirien;
auf Spitzbergen (Posidonien- und Daonellenkalke);
in Nevada (Cephalopodenkalk von Star Peak).

* W. C. Brögger. Eruptionsfolge d. triad. Eruptivgest. bei Predazzo. Kristiania 1895.

** E. v. Mojsisovics, W. Waagen und C. Diener. Gliederung der pelagischen Sedimente des Trias-Systems. Sitzber. d. k. Akad. Wien. B. CIV. Abt. I. Dec. 1895. S. 4274 mit der betreff. Litteratur.

*** F. Toulb. l. c. Januar 1896. S. 3, N. Jahrb. 1896. I. S. 149 u. Beitr. z. Palaeont. Wien. X. Heft. IV. 1896.

3. Pelagische Vertreter des Keupers = der oberen alpinen Trias.

a) Norische Stufe.

im mediterranen Gebiete bei Barcelona in Spanien, auf den Balearen, in Süditalien, in der Bukowina und Dobrudscha;
auf der Insel Nipon;
in der Cordillere von California und Canada (Halobien-Schichten).

b) Karnische Stufe.

im mediterranen Gebiete auf Sicilien, bei Serajevo in Bosnien, bei Pozzomartina in der Bukowina, in Ost-Siebenbürgen;
in Himalaya;
auf Rott in indischen Archipel (Halobien-Schichten);
in California (Subbullatus-Schichten, Hosselkus-Kalk).

c) Juvavische Stufe.

im mediterranen Gebiete in der Bukowina (rote Hallstätter Kalke, bei Dorn in Oberungarn (Metternichi-Zone), in Ost-Siebenbürgen.
in Kleinasien;
im Pamir (Halorellen- und Monotis-Schichten);
in Afghanistan (Bicrenatus-Schichten);
in Himalaya;
auf der Insel Rott (Schichten mit Monotis salinaria);
auf Neu-Caledonien und Neu-Seeland;
in Peru (Monotis-Schichten).

Innerhalb der arktisch-pazifischen Trias besitzen Schichtencomplexe mit Pseudomonotis-Arten (die Pseudomonotis-Schichten) eine allgemeine Verbreitung, ohne dass es bisher möglich war, dieselben mit einem bestimmten Horizonte der oberen alpinen Trias zu parallelisieren.

Der Jura.

Allgemeinere Litteratur betreffend den Jura Deutschlands.

- F. A. Römer. Die Versteinerungen des nordd. Oolithengebirges. Hannover 1836 und Nachtrag 1839.
Dunker und Koch. Beiträge zur Kenntnis des nordd. Oolithengebirges. 1837.
A. Oppel. Die Juraformation Englands, Frankreichs und des südwestl. Deutschlands. Stuttgart 1836—58.
Ferd. Römer. Die jurassische Weserkette. Berlin 1858.
Heinr. Credner. Gliederung der ob. Juraformation u. d. Wealdenbildung im nordwestl. Deutschland. Prag 1863; — Geognost. Karte der Umgegend von Hannover. Hannover 1865.
K. von Seebach. Der hannoversche Jura. Berlin 1864.
D. Brauns. Der untere Jura im nordwestl. Deutschland. Braunschweig 1874. — Der mittlere Jura. Kassel 1869. — Der obere Jura. Braunschweig 1874.
C. Struckmann. Der obere Jura in der Umgegend von Hannover. Hannover 1878, und Neue Beiträge hierzu in Dames u. Kayser. Paläont. Abh. Bd. I. S. 4. Berlin 1882. — Ferner Z. d. D. geol. Ges. 1879. S. 227. 1887. S. 32. — N. Jahrb. 1881. Bd. II. S. 77. — Jahresber. d. naturhist. Ges. Hannover 1879 u. 1880.
F. A. Quenstedt. Der Jura. Tübingen 1858. — Die Ammoniten des Schwäb. Jura. Stuttgart 1883—88.
O. Fraas. Geogn. Beschreibung von Württemberg, Baden und Hohenzollern. Stuttgart 1882. S. 70—149.

Th. Engel. Geogn. Wegweiser durch Württemberg 2. Aufl. Stuttgart 1896.

W. Waagen. Der Jura in Franken, Schwaben und der Schweiz 1864; — Versuch einer allgem. Classific. d. Schichten d. ob. Jura. 1865.

R. Lepsius. Beitrag zur Kenntnis der Juraformation im Unter-Elsass. Leipzig 1875.

Mit dem Beginn der Juraperiode tritt uns eine neue Fauna von über-raschendem Formenreichtum entgegen. Die Belemniten stellen sich in Unzahl ein, Ammoniten erreichen eine allgemeine Verbreitung und eine enorme Entwicklung und übertreffen alle übrigen Bewohner des Meeres an Zahl der Individuen und an Mannigfaltigkeit ihrer Form und der Zier-raten ihrer Gehäuse. An Stelle der triadischen Ammoneen-Gattungen *Ceratites*, *Pinacoceras*, *Trachyceras*, *Arcestes* und *Tropites* treten jetzt neben *Phylloceras* und *Lytoceras* die neuen Genera *Amaltheus*, *Psiloceras*, *Schlotheimia*, *Arietites*, *Aegoceras*, *Harpoceras*, später *Oppelia*, *Parkinsonia*, *Stephanoceras*, *Cosmoceras*, *Perisphinctes* und *Aspidoceras*, in etwa 500 Arten, diese in phylogenetisch hoch bedeut-samen Formenreihen. Die Korallen vom Typus der Neuzeit entfalten eine bedeutende riffbauende Thätigkeit, die Seeschwämme, die See-igel und zahlreiche Molluskengeschlechter, namentlich Gastropoden (unter diesen die Nerineen, Strombiden und Pleurotomarien, ferner die Trigonien, Pholadomyen und Diceraten, sowie die austerartigen Muscheln (*Ostrea*, *Gryphaea*, *Exogyra*), endlich die Brachiopoden-Gattungen *Terebratula*, *Waldheimia* und *Rhynchonella* gewinnen eine außer-ordentliche Verbreitung und Häufigkeit. Auch die typischen langschwänzigen Decapoden erscheinen zuerst in größerer Zahl. Die Fische beschränken sich fast noch auf Ganoid- und Knorpelfische, während Teleostier, die große Masse der heutigen Fischwelt, im jurassischen Zeitalter nur durch die hering-artigen Gattungen *Leptolepis* und *Thrissops* vertreten sind, deren Skelete local in großer Anzahl die Schichtungsflächen oberjurassischer Kalkplatten bedecken. Vor allen Tieren der damaligen Oceane ragen zwei durch das Abenteuerliche ihrer Form, durch das Gigantische ihrer Größe hervor, zwei Saurier, *Ichthyosaurus* und *Plesiosaurus*, beide ihrem ganzen Habitus nach auf das Leben im Meere beschränkt.

Eine ähnliche Umgestaltung und Bereicherung wie die Fauna der Meere hat die der Continente erfahren. Wir sahen die unbedeutenden An-fänge einer Landfauna in dem silurischen Zeitalter erstehen. Die ersten und einzigen Repräsentanten der landbewohnenden Wirbeltiere waren im Carbon einige salamanderartige Amphibien, zu ihnen gesellen sich im Ver-laufe der permischen Periode rhynchocephalenartige Reptilien und zu diesen im triadischen Zeitalter eine Anzahl Theromorpha (z. B. *Dicynodon*) und *Sauropterygia* (z. B. *Nothosaurus*) sowie höchst vereinzelte Spuren der ersten Säugetiere (*Microlestes*). In der Juraperiode gewinnen die Croco-dilier (*Teleosaurus*, *Geosaurus*, *Mystriosaurus*), Flugsaurier und Dinosaurier, sowie Schildkröten eine große Verbreitung. Ihnen gesellt sich eine noch

unbeträchtliche Zahl von warmblütigen Wirbeltieren und zwar ihrer beiden Klassen, der Vögel und Säugetiere, hinzu, letztere freilich nur durch Beuteltiere vertreten. Große paläontologische Bedeutung besitzen die Dinosaurier, Landreptilien mit langem Hals, mächtigem Schwanz, langen Hinterextremitäten, vielfach aufrechter Körperhaltung und z. T. mit ausgesprochenen Vogelmerkmalen. Bereits in der Trias vertreten (Zanclodon), erreichen sie im oberen Jura und zwar vorzüglich in dem der Rocky-Mountains eine große Mannigfaltigkeit, Häufigkeit und z. T. Riesenhaftigkeit mit den Geschlechtern *Compsognathus*, *Megalosaurus*, *Brontosaurus*, *Stegosaurus*, *Cetiosaurus*, *Atlantosaurus* u. a., von denen die beiden letzten eine Länge von nicht weniger als 15—30 m erlangen. Auch die Arthropoden finden außer durch Krebse durch Libellen, Grillen und Käfer eine ziemlich mannigfaltige Vertretung. Zieht man nun noch in Betracht, dass bereits in der Jurazeit die Dickichte der Sigillarien, *Lepidodendren* und *Calamiten* schon längst der Vorzeit angehören, dass statt ihrer echte Nadelhölzer, gemischt mit Cycadeen, die Wälder bilden, auf deren Boden Farnkräuter und Equiseten wuchern, dass also Gymnospermen die einfacher organisierten Kryptogamen des paläozoischen Zeitalters zurückgedrängt und das Maximum ihrer Entwicklung erreicht haben, so ist nicht zu verkennen, dass sich die organische Welt auf eine höhere Stufe emporgeschwungen hat, als sie in den vorjurassischen Zeitaltern einnahm.

Die Schichtenreihe der jurassischen Formation besteht vorzugsweise aus Kalksteinen, Mergeln und Sandsteinen, Schieferthonen und plastischen Thonen, mit welchen nicht selten mächtige Dolomite wechsellagern; diese sind es, welche die grotesken Fels- und Höhlenbildungen der jurassischen Gebiete in Hannover und Braunschweig, sowie in der fränkischen Schweiz und Schwabens bedingen. Oolithe sind namentlich in den mittleren und oberen Niveaus des Jurasystemes so gewöhnlich, dass man die ganze Formation nach ihnen »Oolithenformation« benannte. Ihren jetzt gebräuchlichen Namen hat dieselbe vom Juragebirge erhalten, an dessen Zusammensetzung sie den Hauptanteil nimmt. Conglomerate und Breccien sind zu den selteneren jurassischen Vorkommnissen zu rechnen, während vulkanische Tuffe und Zwischenlager von eruptivem Ursprung dem centraleuropäischen Jura ganz fremd sind.

Die bis 1000 m mächtige Schichtenreihe des Jura zerfällt nach den Umgestaltungen, welche die damaligen Faunen und Floren erlitten haben, also nach der Verschiedenartigkeit des paläontologischen Habitus der einzelnen auf einander folgenden, die Juraformation aufbauenden Schichten-complexe in zahlreiche Stufen, welche man in drei Hauptabteilungen zusammenfasst. Diese sind

3. der weiße oder obere Jura oder Malm,
2. der braune oder mittlere Jura oder Dogger,
1. der schwarze oder untere Jura oder Lias.

1. Der Lias.

Petrographischer Charakter. Unter den Gesteinen, welche die selten mehr als 400 m mächtige Schichtenreihe des Lias zusammensetzen, walten Schieferthone, Sandsteine, Kalksteine, Mergel und Thone bei weitem vor, namentlich spielen graue, braune oder schwarze, meist bituminöse Thone und Schieferthone nicht nur durch ihre bedeutende Mächtigkeit, sondern auch als Muttergestein außerordentlich deutlich erhaltener organischer Reste eine wichtige Rolle. Aus ihnen entwickeln sich sehr gewöhnlich dunkelgraue bis schwarze, kalkreiche und bituminöse, mehr oder weniger dünn-schieferige und versteinungsreiche Mergelschiefer, deren Bitumengehalt oft so überhand nimmt, dass sie in förmliche Brandschiefer übergehen. Zu einer bedeutenden Entwicklung gelangen ferner dünn-schichtige, dunkle, ebenfalls bituminöse und stark thonige Kalksteine, die zum Teil außerordentlich reich an organischen Überresten sind, so dass manche Schichten fast allein aus solchen zusammengesetzt erscheinen (Gryphiten- oder Arcuatenkalk, Ammonitenkalk, Monotiskalke). Sandsteine, zum großen Teil sehr körnig, oft glimmerreich und dann dünnplattig, von gelblichgrauer Farbe, stellen sich namentlich an der Basis der Liasformation ein, ohne jedoch aus den übrigen Niveaus des Lias vollständig ausgeschlossen zu sein. Mit ihnen sind in einigen Gegenden Steinkohlenablagerungen verknüpft, so bei Kammin (an der Odermündung,) im Pechgraben bei Weyer in Österreich, am kaspischen Meer, in Persien und China. Bei Fünfkirchen in Ungarn treten 25 abbauwürdige Flöze mit einer Gesamtmächtigkeit von 26 m auf (siehe Fig. 389). Eine gewisse technische



Wichtigkeit, wenn auch nur eine untergeordnete Bedeutung als Glieder der Liasformation, besitzen Einlagerungen von oolithischem Eisenerze und

Sphärosiderit. Während letzterer in Gestalt oft dicht an einander gedrängter Nieren und Knollen im Schieferthone vorkommt, bilden erstere gewöhnlich regelmäßige und stetige Flötze, welche teils zwischen dem Sandstein, teils zwischen den Schieferthonen der Formation auftreten. Derartige versteinierungsführende Flötze von oolithischem Eisenstein werden z. B. am Kahleberge bei Echte, bei Helmstädt, bei Harzburg, am Luhdener Berge bei Rinteln u. a. O. abgebaut. Im Teutoburger Walde, und zwar im Kreise Bielefeld, Paderborn und Warburg, kommen in 50 über einander liegenden Horizonten Sphärosideritnieren, ferner zwei zusammen 2,20 m mächtige Sphärosideritlager und endlich drei Flötze von oolithischem Eisenerz vor, letztere 7,53 m mächtig. — Recht eigentümliche Gebilde sind die dünnen Schichten von Tutenmergel (Nagelkalk), welche z. B. am Harzrande bei Goslar und in Württemberg sehr häufig im Lias vorkommen.

Lagerungsverhältnisse. Die architectonischen Verhältnisse der Liasformation sind fast durchgängig höchst einfacher Natur. Wie ein weiter, dunkeler Teppich dehnt sie sich, freilich durch Erosion in zahlreiche isolierte Partien zerschnitten, innerhalb ihrer Verbreitungsgebiete aus und umsäumt in flachen Terrassen die noch beschränkteren Areale der jüngeren jurassischen Gebilde, die sich über die Ebene des Lias erheben. Die Lage der Schichten ist mäßig geneigt, sehr häufig, namentlich im nordwestlichen Deutschland, eine flach muldenförmige, so dass sich das Ausgehende der Muldenflügel an die langgezogenen triadischen Rücken anlegt, während das Innere der Mulden durch den oberen Jura und die Kreide ausgefüllt ist. Nur in jüngeren Gebirgen, so in den Alpen und in dem Schweizer Jura, stellen sich complicierte Faltungen, Verwerfungen und Überschiebungen (vergl. Fig. 48 u. 49, S. 173) ein, am nördlichen Harzrande und im Teutoburger Walde vollständige Überkippungen, ferner vielerorts, z. B. bei Eisenach und Arnstadt, bis ins kleinste gehende Zerstückelungen. Mit dem obersten Gliede der Trias ist der Lias auf das innigste verknüpft, und ebenso ist seine Überlagerung durch den braunen Jura eine vollkommen gleichförmige.

Allgemeiner paläontologischer Charakter. Wie in allen marinen Bildungen, so spielen auch im Lias Pflanzenreste nur eine untergeordnete Rolle. Neben einigen in den Liasschiefern recht häufigen Fucoiden (z. B. *Chondrites Bollensis* Kr. und *Sphaerococcites granulatus* Bronn) sind die in der ganzen jurassischen Formationsgruppe so wichtigen Cycadeen auch im Lias und zwar vorzugsweise durch die Gattungen *Zamites*, *Podozamites*, *Pterophyllum*, freilich meist durch in das Meer eingeschwemmte Exemplare vertreten. Auch verkalkte und verkohlte Coniferenhölzer, sowie vereinzelt Coniferenzweige (*Araucarites peregrinus*) sind von verschiedenen Localitäten bekannt. Nur im Lias der Alpen und Karpathen stellen sich Schichten mit reichlichen Pflanzenresten ein, welche letztere

sich sogar zu Kohlenflötzen anspeichern können (Grestener Schichten. Rotzo-Schichten).

In schroffem Gegensatze zu dieser Armut an vegetabilischen Resten birgt die Schichtenreihe des Lias eine außerordentlich mannigfaltige, formen- und individuenreiche Meeresfauna, deren Hauptvertreter die Crinoideen, Mollusken und Reptilien angehören. Unter den Crinoideen erlangt das Geschlecht *Pentacrinus* eine außerordentliche Häufigkeit und Verbreitung; unter den Brachiopoden zeichnen sich die Genera *Terebratula* und *Rhynchonella* durch die große Menge ihrer Individuen aus, auch *Spirifer* und *Leptaena* sind noch vertreten. Von den Zweischalern sind *Gryphaea*, *Pecten*, *Lima*, *Avicula*, *Mytilus*, *Trigonia*, *Pholadomya* und *Astarte* die wichtigsten, am reichhaltigsten aber von allen liasischen Molluskenabteilungen sind die Ammonoiten und Belemniten entwickelt und erlangen einerseits durch die große Anzahl ihrer Species und die zuweilen enorme Menge ihrer Individuen, anderseits durch das Gebundensein gewisser charakteristischer Arten an ganz bestimmte Horizonte eine außerordentliche Bedeutung für diese Formation. In ihr sind namentlich die Ammonitengattungen *Psiloceras*, *Schlotheimia*, *Arietites*, *Harpoceras*, *Amaltheus*, *Phylloceras* und *Lytoceras* vertreten. Außerdem erhält der paläontologische Habitus des Lias durch die zahlreichen und weit verbreiteten Reste von *Ichthyosaurus**) und *Plesiosaurus***), riesigen Meeressäuriern mit flossenartigen Ruderfinnen und biconcaven Fischwirbeln, ein ganz eigentümliches Gepräge. An schwäbischen Exemplaren von *Ichthyosaurus* ist nicht nur die lederartige Schwimmhaut der Extremitäten, sondern auch die Rückenflosse und die gewaltige zweilappige Schwanzflosse überliefert (Fig. 394). Ihre Crocodilzähne beweisen, dass sie gefräßige Raubtiere waren, der Inhalt ihres Magens und die Bestandteile ihrer Excremente (Koprolithen), dass ihre Nahrung aus Fischen, Reptilien und Tintenfischen bestand. Der fast 40 m lange *Ichthyosaurus* (Fig. 390 u. 394) besaß delphinähnliche Gestalt, einen großen Kopf auf sehr kurzem Halse, einen langen Schwanz und Ruderfinnen aus einem Mosaikpflaster von polygonalen Knochentafeln, — der bis 3 m lange *Plesiosaurus* (Fig. 392) einen kleinen eidechsenartigen Kopf an langem, schlangenartigem Halse (mit 24 bis 40 Wirbeln), einen kurzen Schwanz und Ruderfüße mit 5 Fingern von Röhrenknochen. Die Hauptfundorte dieser beiden Meeresaurier sind Lyme Regis in England, Boll und Holzmaden in Württemberg und Banz bei Bamberg.

*) E. Fraas. Die Ichthyosaurier der süddeutschen Trias- und Juraablagerungen. Tübingen 1894. — Ders. Die Hautbedeckung v. *Ichthyosaurus*. N. Jahrb. 1892. II. S. 87.

**) W. Dames. Die Plesiosaurier d. süddeut. Lias. Abh. d. k. preuss. Akad. d. Wiss. Berlin 1895.

Einen auffallenden Gegensatz zu den nackten, ausschließlich auf das Meer angewiesenen Sauriern bilden die auch zur Bewegung auf dem Lande organisierten gavialähnlichen Saurier mit schlanker, schmaler Schnauze und

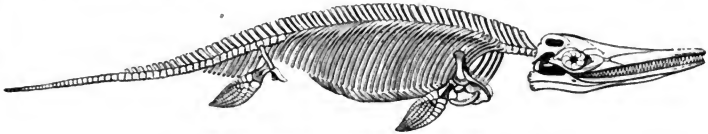


Fig. 390. *Ichthyosaurus communis* Conyb. Nach Owen.

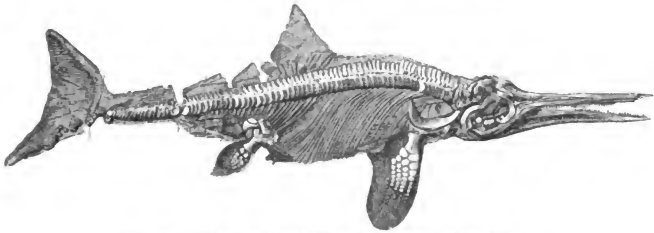


Fig. 391. *Ichthyosaurus quadriscissus* Quenst. Nach Eb. Fraus.

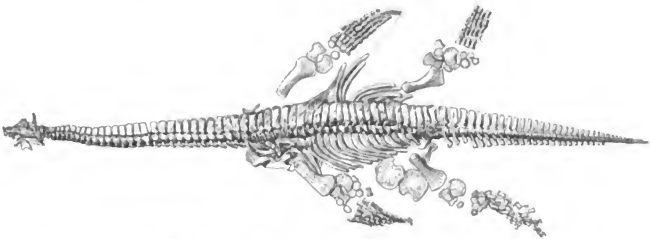


Fig. 392. *Plesiosaurus Guilelmi Imperatoris* Dames.

dicken viereckigen Knochenschildern. Hierher gehören namentlich Teleosaurus, Mystrisaurus, Pelagosaurus und Macrospondylus, z. B. aus den Schieferen von Boll. Die im oberen Jura ihre Hauptverbreitung erlangenden Flugsaurier sind bereits im Lias vertreten, so im oberen Lias Schwabens durch *Campylognathus**).

* F. Plieninger. Palaeontographica; Cassel. XLI. S. 493.

Von den übrigen Abteilungen des Tierreiches sind Foraminiferen, Schwämme und Korallen im Lias verhältnismäßig nur schwach repräsentiert, von Gastropoden gewinnen nur einzelne Species der Geschlechter *Turbo*, *Trochus*, *Pleurotomaria* eine nicht unbedeutende Verbreitung; Insectenreste (Käfer, Orthopteren, Neuropteren und Hemipteren) sind aus Mecklenburg, Gloucestershire und Aargau bekannt geworden. An Fischen sind namentlich die oberen Horizonte des Lias von England und Schwaben reich, in denen sowohl einzelne glänzende Schuppen, wie außerordentlich schön erhaltene Exemplare homocercaler Ganoiden (*Lepidotus gigas* Ag., *Ptycholepis Bollensis* Ag., *Dapedius pholidotus* Ag.) vorkommen. Eine größere Verbreitung besitzen die Flossenstacheln und Zähne von Knorpelfischen (*Hybodus*, Fig. 393, *Acrodus*) im Lias.



Fig. 393. *Hybodus reticulatus* Ag. (Rückenflossenstachel.)

Allgemeine Gliederung des Lias. In allen ihren Verbreitungsgebieten zerfällt die Schichtenreihe des Lias in eine Anzahl Stufen, welche der Umgestaltung der liasischen Faunen entsprechen und sich demnach durch gewisse Verschiedenartigkeiten ihrer Versteinerungsführung auszeichnen.

Diese zahlreichen Stufen, die als das Resultat localer Einflüsse natürlich keine ganz allgemeine Geltung besitzen, jedoch im nachfolgenden Abschnitte (S. 575 u. f.) aufgeführt sind, lassen sich in drei überall zu unterscheidende Abteilungen zusammenfassen, welche man als unteren, mittleren und oberen Lias bezeichnet.

a. Der untere Lias.

Harte schwarze Kalke, fette Thone, selten mit oolithischen Eisenerzen, sowie z. B. in Franken gelbe Sandsteine.

Die Kalksteine sind zum Teil ganz angefüllt von *Gryphaea arcuata* Lam. (Fig. 397), sowie von *Ammonites* (*Psiloceras*) *planorbis* Sow. (= *Amm. psilonotus* Qu. Fig. 401), *Amm. (Arietites) Bucklandi* Sow. (Fig. 400), *Amm. (Schlotheimia) angulatus* Schloth. (Fig. 399), *Amm. (Ophioceras) raricostatus* Ziet. Als fernere weitverbreitete ausgezeichnete Leitfossilien des unteren Lias sind anzuführen: *Lima gigantea* Sow. (Fig. 396), *Cardinia concinna* Ag., *Card. hybrida* Ag. (Fig. 398), *Spiriferina Walcottii* Sow. (Fig. 395), *Pentacrinus scalaris* Mill. (Fig. 394), *Pentacrinus Briareus* Mill. Im oberen Teile des unteren Lias treten in England bituminöse Schiefer mit zahlreichen Fischen und Ichthyosauren, namentlich aber mit Plesiosauren auf (Lyne Regis).



Fig. 394. *Pentacrinus scalaris* Mill.



Fig. 395. *Spiriferina Walcottii* Sow.



Fig. 396. *Lima gigantea* Sow.



Fig. 397.
Gryphaea arcuata Lam.



Fig. 398.
Cardinia hybrida Ag.



Fig. 399.
Ammonites (Schlotheimia) angulatus Schl.

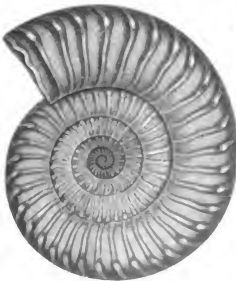


Fig. 400.
Ammonites (Arietites) Bucklandi Sow.



Fig. 401.
Ammonites (Psiloceras) planorbis Sow.
an = Anaptychus.

Fig. 394—401. Leitfossilien des unteren Lias.

b. Der mittlere Lias.

Graue Kalkmergel und Kalksteine, oolithische Kalke und Eisensteine, dunkelblaue plastische Thone mit Sphärosideritnieren und Kalkgeoden. Aus der großen Anzahl der organischen Reste, welche diese Schichten führen,

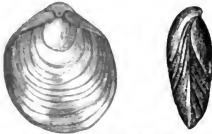


Fig. 402. *Terebratula* (Waldheimia) numismalis Lam.



Fig. 405. *Ammonites* (Amaltheus) margaritatus Brag.

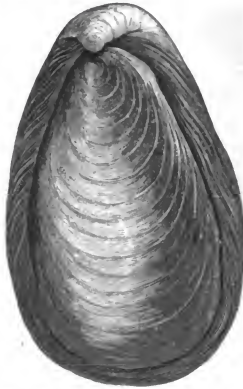


Fig. 403. *Gryphaea cymbium* Lam.



Fig. 404. *Belemnites paxillosus* Schloth.



Fig. 406. *Ammonites* (Lytoceras) fimbriatus Sow.



Fig. 407. *Ammonites* (Aegoceras) capricornus Schloth.

Fig. 402—407. Leitfossilien des mittleren Lias.



Fig. 408. *Pentacrinus briaroides* Quenst.



Fig. 409. *Posidonomya Bronni* Goldf.



Fig. 410. *Belemnites digitalis* Blainv.



Fig. 411. *Ammonites (Harpoceras) bifrons* Brug.



Fig. 412. *Ammonites (Phylloceras) heterophyllus* Sow.

Fig. 408—412. Leitfossilien des oberen Lias.

sind als Leitfossilien des mittleren Lias hervorzuhoben: *Ammonites* (*Aegoceras*) *capricornus* Schloth. (Fig. 407), *Amm.* (*Amaltheus*) *costatus* Schloth., *Amm.* (*Lytoceras*) *fimbriatus* Sow. (Fig. 406), *Amm.* *amaltheus* Schloth. (= *Amaltheus margaritatus* Brug.) (Fig. 405), *Belemnites paxillosus* Schloth. (Fig. 404), *Gryphaea cymbium* Lam. (Fig. 403), *Terebratula* (*Waldheimia*) *numismalis* Lam. (Fig. 402), *Rhynchonella rimosa* Buch, *Spiriferina rostrata* Schloth., *Pentacrinus basaltiformis* Mill.

c. Der obere Lias.

Zu unterst dünnschieferige, bituminöse Schieferthone, von zum Teil so ansehnlichem Ölgehalte, dass dasselbe gewonnen wird, überlagert von dünnplattigen Stinkkalken voll *Pseudomonotis substriata* Münster., sowie von grauen Mergelkalken. Gewisse Lager der ersteren sind von den dünnen, concentrisch runzeligen Schalen der *Posidonia* (*Posidonomya*) *Bronni* (Fig. 409) erfüllt, wonach der ganze Complex als *Posidonienschiefer* bezeichnet wird. In ihnen ist der große Reichtum an Überresten von Fischen und Sauriern niedergelegt, durch welchen sich namentlich Boll und Holzmaden in Schwaben und Banz in Franken auszeichnen. Hier birgt dieser Horizont die wohl erhaltenen Skelete von *Ichthyosaurus* und *Teleosaurus*, die Schuppen, Zähne und Flossenstacheln von *Ptycholepis*, *Hybodus*, die Schulppe und Tintenbeutel von *Geoteuthis* und *Beloteuthis*, die Kronen von *Pentacrinus briaroides* (Fig. 408) in sonst kaum gekannter Vollständigkeit. Von letzteren liegen auf einer einzigen, jetzt im Tübinger Museum befindlichen Platte von 8 m Länge und 5,3 m Breite 24 zu einem mäandrisch gewundenen Bündel gruppierte Stiele, deren Enden über 4 m lang frei liegen und weit ausgebreitete Kronen tragen. Zahlreiche *Ammoniten* und zwar *Ammonites* (*Harpoceras*) *serpentinus* Rein., *Amm.* (*Coeloceras*) *communis* Sow., *Amm.* (*Harpoceras*) *lythensis* Young sind zu Papierdünne zusammengedrückt, andere in mehr mergeligen Schichten vorkommende, so *Ammonites* (*Harpoceras*) *bifrons* Brug. (= *Walcotti* Sow.) (Fig. 411), *Amm.* (*Phylloceras*) *heterophyllus* (Fig. 412), pflegen ihre ursprüngliche Gestalt beibehalten zu haben. Neben ihnen zeichnen sich die leicht kenntlichen *Ammonites* (*Lytoceras*) *jurensis* Ziet., *Belemnites digitalis* Blainv. (Fig. 410) und *Bel. acuarius* Schloth. durch ihre Häufigkeit aus. Dahingegen muss der Mangel an sonst so überaus gewöhnlichen *Terebrateln* und *Rhynchonellen* auffallen.

Speziellere Gliederung des Lias in Schwaben, im nordwestlichen Deutschland und in Deutsch-Lothringen. Als erläuternde Beispiele der Gliederung des deutschen Lias mögen an dieser Stelle kurze Beschreibungen seiner Ausbildungsweise in Schwaben, im nordwestlichen Deutschland und in Deutsch-Lothringen Platz finden. Mit ihr stimmt die Entwicklung des englischen Lias im wesentlichen überein.

Der Lias in Schwaben wird nach Quenstedt gegliedert wie folgt:

III. Oberer Lias.

Lias c.

Jurensismergel, durchschnittliche Mächtigkeit 4 m. Lichtgraue Kalkmergel mit grauen Mergelkalken.

Zu oberst Zone des Amm. Aalensis Ziet., Amm. hircinus Schl., Belem. brevirostris d'Orb., B. quadricanaliculatus Qu., B. tricanaliculatus Qu., Thecocyathus tintinnabulum Gf., Cidaris jurensis Qu., Pentacrinus jurensis Qu. etc.

In der Mitte Zone des Amm. jurensis mit Amm. jurensis Ziet., Amm. serrodens Schl., Amm. discoides Ziet., Amm. insignis Ziet., Nautilus lineatus Ziet., Pleurotomaria jurensis Qu., Lima jurensis Qu., Inoceramus gryphoides Schl., Hinnites etc.

Zu unterst Zone des Amm. radians mit Amm. radians Schl., Amm. Thouarsensis d'Orb., Amm. bifrons Brug., Amm. insignis Ziet., Belem. digitalis Qu. etc.

Vielfach sind die Fossilien dieser Stufe mit Bryozoen und Serpulen besetzt.

Lias e, durchschnittliche Mächtigkeit 10 m.

3. Contrariussschichten. Zu oberst Lager des Chondrites Bollensis Qu. Graue, selten dunkle, bituminöse Mergelschiefer und Mergel mit schwachen Mergelkalkbänken. Häufige Vorkommnisse sind: Pecten (Amusium) contrarius Buch, Posidonomya Bronni Gf., Inoceramus gryphoides Schl., Discina papyracea Schm., Amm. tubulatus Sow. (= Bollensis Ziet.), Amm. serpentinus Ziet., Amm. crassus Phil., Amm. bifrons Brug., Amm. discoides Ziet., Amm. insignis Ziet., Belem. digitalis Qu., B. tripartitus Schl., B. acuarius Qu. und Sectanglager.
2. Haupthorizont der Posidonomya Bronni (Posidonienschiefer). Zu oberst Lager der Pseudomonotis substriata.

Bituminöse Schieferthone und Mergelschiefer mit Bänken von bituminösem Mergelkalk.

Charakteristische Fossilien sind: Posidonomya Bronni Gf., Pseudomonotis substriata Münst., Inoceramus gryphoides Schl., Discina papyracea Schm., Amm. communis Sow., Amm. Lythensis Young, Amm. fimbriatus Sow., Amm. heterophyllus Sow., Belem. acuarius Qu., Geoteuthis Bollensis Ziet., Beloteuthis Schübleri Qu., Pentacr. Briareus Park. und Pentacrinus subangularis Mill.

Außerdem finden sich von Reptilien: Ichthyosaurus longirostris Jäg., Plesiosaurus Guillemi imperatoris Dames, Plesiosaurus suevicus Qu. (selten), Pterodactylus Banthenensis Theod. (sehr selten) und Teleosaurus Bollensis Cuv., ferner von Fischen: Pleurolepis pholidotus Ag., Ptycholepis Bollensis Ag., Lepidolepis Bronni Ag. etc. — Tange, local Treibhölzer.

4. Schichten mit Phymatoderma granulatum Schl. Zu unterst das Lager d. Cidaris crinifera. Blaugraue, mehr oder weniger bituminöse Mergelschiefer, welche local in Mergelkalke übergehen, mit Phymatoderma (Algacites) granulatum Schl., Plicatula spinosa Sow., Rhynch. amalthei Qu., Spiriferina villosa Qu., Ostracoden, Amm. communis Sow., Belem. paxillosus Schloth., Geoteuthis Bollensis Ziet., Cidaris crinifera Qu. und Ichthyosaurusresten.

II. Mittlerer Lias.

Lias d.

Amaltheenthone, 40 m mächtig, fette Thone, reich an Schwefelkiesconcretionen und verkiesten Ammonites amaltheus Schloth., sowie viel Pen-

tacr. basaltiformis Mill., Belemnites paxillosus Schloth., Belem. acuaris Qu., darüber mergelige Kalke mit Ammonites costatus Schloth., Rhynchonella quinqueplicata Ziet., Belem. paxillosus Schloth. Im oberen Niveau mit der Koninckinen- (Leptaenen-) schicht.

Lias γ , 15 bis 20 m mächtig.

Spiriferenbank, harte Kalke mit Spiriferina verrucosa, rostfleckige Kalkmergel mit Rhynch. rimosa, Terebr. (Waldheimia) numismalis (Numismalenmergel), Pentacrinus basaltiformis, letztere eine Bank bildend, darüber dunkelgefleckte Kalkbänke voll Ammonites Davoei Sow. Außerdem mit Amm. Jamesoni Sow., Amm. fimbriatus Sow., Amm. ibex Qu., Amm. striatus Rein., Gryph. cymbium Lam., Turbo, Trochus, Pleurotomaria.

I. Unterer Lias, 30—35 m mächtig.

Lias β , 40 m mächtig.

Schwärzliche Thone und Schieferthone mit tiefgrauen, dichten Kalksteinen. Zu oberst Zone des Amm. raricostatus, in der Mitte Zone des Amm. oxynotus, zu unterst Zone des Amm. obtusus. Außerdem mit Amm. ziphus Ziet., Amm. planicosta Sow., Amm. globosus Ziet., Lima gigantea Sow., Gryph. obliqua Qu., Rhynch. Oxynoti Qu., Pentacr. scalaris Qu., Cid. minuta Wr., Ostracoden.

Lias α .

3. Arietenschichten (Bucklandischichten). Kalksteine, zum Teil feinkörnig, marmorartig, voll Gryphaea arcuata Lam., sowie viel arieten Ammoniten, so Amm. Bucklandi Sow., Amm. spiratissimus Qu., Amm. Conybeari Sow., zu oberst mit einer Pentacrinitenbank aus Gliedern von Pentacrinus tuberculatus Mill. bestehend. Zugleich zeigen sich die ersten Belemniten. Häufig und charakteristisch sind ferner Spiriferina Walcottii Sow. und Lima gigantea. Verknüpft mit der Pentacrinitenbank treten endlich Ölschiefer mit Krebsen, Fischen und Ichthyosaurus auf.
2. Angulatenschichten, Thone mit eingelagerten Kalkstein- und Sandsteinbänken, local weicher Bausandstein, Malmstein, bis 7 m mächtig, mit Cardinien-(Thalassiten-)Zonen und mit Ammonites angulatus Schloth. Darauf liegen 3 bis 4 m thonige Sandplatten, mit der Turritellenplatte voll Turritella nucleata.
1. Psilonotenschichten (Plauorbisschichten), beginnend mit einer 0,5 m mächtigen Bank bituminösen Kalksteines, darauf 1 bis 2 m mächtige Thone und schließlich wieder Kalke von 4 bis 5 m Mächtigkeit. Sehr reich an Ammonites psilonotus Quenst. (= A. planorbis Sow.).

Der Lias des nordwestlichen Deutschlands wird von K. v. Seebach in folgende 9 Stufen zerlegt:

III. Oberer Lias.

9. Schichten des Ammonites jurensis, graue Mergelthone mit Amm. jurensis, Amm. insignis, Amm. dispansus, Amm. striatulus bei Fallersleben, Goslar, Hildesheim, Porta.

8. Posidonienschichten, bituminöser Schieferthon, 25 m mächtig, mit Amm. Lythensis, Amm. borealis, Amm. communis, Inoc. amygdaloides, Avic. substriata, Discina papyracea, bei Hildesheim (Zwerglöcher), Fallersleben, Goslar, Salzhemmendorf, Herford. Am Nordrande des Harzes zu oberst mit dem ammonitenreichen Dürntener Schiefer*).

* A. Denckmann. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1892. S. 98.

II. Mittlerer Lias.

7. Amaltheenthone mit *Amm. amaltheus*, *Amm. spinatus*, *Belem. compressus*, *Gresslya ventricosa*, *Inoceramus substriatus*, bei Helmstedt, Schöppenstedt, Osterfeld, Haverlahwiese, Gandersheim, Northeim, Eisenach, Rennberg, Rheine.

6. Schichten des *Ammonites capricornus*, hellfarbige Mergel und Kalkbänke mit *Amm. capricornus*, *Avicula cygnipes*, *Amm. curvicornis*, bei Walbeck, Schöppenstedt, Goslar, Göttingen.

5. Schichten des *Ammonites brevispina*, dunkle Thone oder oolithische, eisenreiche Mergel mit *Amm. brevispina*, *Amm. binotatus*, *Amm. Jamesoni*, *Rhynch. furcillata*, *Ter. numismalis*, *Spir. rostratus*, bei Herford und Salzgitter als Thone, bei Markoldendorf und Schöppenstedt als Eisenoolithe.

I. Unterer Lias.

4. Schichten mit *Ammonites planicosta*, Thone mit *Amm. planicosta*, *Amm. ziphus* bei Falkenhagen, Herford, Löhnde, Goslar, Harzburg.

3. Arietenschichten, blaugraue Thone mit *Ammonites Bucklandi*, *Ammonites Conybeari*, *Lima gigantea*, *Gryphaea arcuata*, bei Wellersen, Helmstedt, Neustadt bei Harzburg, Eisenach.

2. Angulatenschichten, dunkle Schieferthone mit *Ammonites angulatus*, *Uncardium cardioides*, bei Helmstedt, Seinstedt, Halberstadt, Quedlinburg, Neuenheerse.

1. Pylonotenschichten, dunkle Schieferthone mit Sandsteinplatten mit *Amm. planorbis*, *Amm. Johnstoni*, bei Harzburg, Salzgitter, Ammelsen, Hildesheim.

Der Lias Deutsch-Lothringens und des Elsass, sowie Luxemburgs gliedert sich wie folgt*):

III. Oberer Lias.

Lias ζ , 10—15 m.

2. Schichten mit *Belemnites irregularis* und *acuarius*.

1. Mergelbank und phosphoritischer Knollenkalk mit *Ammonites crassus* und *bifrons*. Jurensismergel.

Lias ϵ , 2—4 m.

2. Thone mit Kalkconcretionen und *Monotis substriata*.

1. Posidonienschiefer.

II. Mittlerer Lias.

Lias δ , 70—80 m.

3. Mergel und Kalke mit *Amm. spinatus* (= *costatus*) [Costatuskalke].

2. Ovoidenmergel, Thone mit eisenhaltigen Kalkconcretionen = Ovoiden.

1. Blättermergel mit *Bel. paxillosus*, *Bel. Lotharingicus*, *Amm. margaritatus*.

Lias γ , bräunliche oder bläuliche fleckige Kalke, 2—3 m.

2. Ockerkalk mit *Ammonites Davoei* (Davoeikalk).

1. Mergel mit *Ammonites Taylori* und der *Terebratula numismalis* (Numismalenmergel).

I. Unterer Lias.

Lias β , Thone, fossilarm. 45—20 m. Im Elsass mit *Amm. obtusus* und *rarecostatus*.

Lias α , blauschwarze und graue Kalkbänke mit thonigen Zwischenlagen, 40 m.

* E. W. Benecke. Geol. v. Els.-Lothringen. Straßburg 1878. — G. Steinmann. Geol. Führer der Umgegend v. Metz. Metz 1882. S. 43. u. 25. — Ders. Erl. z. geol. Übersichtskarte v. Deutsch-Lothringen. Straßburg 1887. — L. v. Werveke desgl. v. Luxemburg. Straßburg 1887.

4. Kalke mit *Belemnites brevis* und *Pentacrinus tuberculatus*, zu oberst Mergel mit Phosphoritknollen.
3. Kalke mit *Ammonites Bucklandi* und der *Gryphaea arcuata* (Gryphitenkalk).
2. Kalke mit *Ammonites angulatus*, 2 und 3 nach Norden zu vertreten durch den Luxemburger (Hettinger) Sandstein.
1. Kalke mit *Ammonites planorbis*.

Lias der Alpen*). Der Lias erscheint in den Alpen in 4 verschiedenen Facies, die sich wechselweise bald zum Teil, bald gänzlich vertreten:

1. Adnether Schichten (rote Ammonitenkalke), rötliche, wohlgeschichtete Kalksteine mit einer außerordentlich reichen Ammonitenfauna (namentlich *Arietites* und *Harpoceras*, sowie *Phylloceras* und *Lytoceras*), welche den gesamten Lias repräsentieren und concordant den Köbener Schichten der nordöstlichen und lombardischen Alpen auflagern. An ihrer Basis local die gelblich gefärbten Enzesfelder Schichten.

2. Hierlatz-Schichten, dickbankige Kalksteine, marmorartig weiß und rot geflammt, z. T. Crinoidenkalke. Brachiopoden, Gastropoden und Pelecypoden walten vor (Salzburg, österr. Voralpen). Repräsentanten des unteren und mittleren Lias. In den Südalpen (St. Cassian) mit der mittelliasischen »Zone der *Terebratula Aspasiae*» Neumayr.

3. Fleckenmergel (Allgäu-Schichten), graue Mergelschiefer mit vorwaltenden Ammoniten, welche bald den ganzen Lias, bald nur einzelne Stufen und zwar die schwäbische Facies desselben repräsentieren, aber ganz oder teilweise durch ihre Kalkfacies, die Hierlatz- und Adnether Kalke vertreten werden können (bayerische Alpen, tiroler Alpen, österr. Voralpen).

4. Grestener Schichten, Sandsteine, Mergel und Schieferthone mit Steinkohlenflöten und Landpflanzen. Sonst walten Brachiopoden und Pelecypoden vor (Österr. Voralpen).

5. Kalksteine von Rotzo, graue mergelige Kalke, Oolithe, Dolomite und Schieferthone mit einer artenreichen Flora von Cycadeen, Coniferen und Farnen ferner mit *Harpoceras radians*, *Terebratula Rotzoana* u. a. In Südtirol und den lombardischen Alpen.

2. Der Dogger oder braune Jura.

Der petrographische Charakter des Doggers ist zwar ein außerordentlich mannigfaltiger und wechselnder, doch spielen Sandsteine, Thone, Mergel und Kalksteine die wesentlichste Rolle bei der Zusammensetzung seiner durchschnittlich 400 m mächtigen Schichtenreihe. Die Sandsteine sind meist feinkörnig und weich, besitzen hell- bis dunkelbraune Farben, eröffnen sehr häufig die Doggerformation und bilden oftmals die ganze untere Hälfte derselben fast ausschließlich. Andere Zonen des braunen

*) A. Rothpletz. Vilser Alpen. Palaeontogr. XXXIII. Kassel 1886. — R. Lepsius. Das westl. Südtirol. 1878. S. 118. — M. Neumayr. N. Jahrb. 1884. Bd. I. S. 207. — E. Böse. Zeitsch. d. D. geol. Ges. 1893. S. 704.

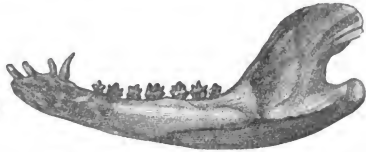
Jura bestehen aus zähen, fetten Thonen, Mergeln und Schieferthonen von grauer bis schwarzer Farbe. Wie in einigen Ländern Sandsteine und Thone, so erscheinen in anderen Verbreitungsgebieten des Doggers bald oolithische, bald dichte reine oder thonige, weiße oder dunkelfarbige Kalksteine als dessen vorwaltendes Material. Namentlich bilden Oolithe mächtige Ablagerungen, welche sich vom mittleren England aus durch Frankreich bis in die Schweiz verfolgen lassen. Recht charakteristische und häufige Erscheinungen sind in der Schichtenreihe des braunen Jura durch Eisenoxydhydrat braun gefärbte Kalkoolithe, die sogenannten Eisenooolithe. Sie dürfen nicht verwechselt werden mit den oolithischen Eisenerzen, welche sich in der ganzen Doggerformation so constant wiederholen, dass sie einen hervorstechenden Charakterzug derselben bilden. Sie treten in zum Teil sehr bedeutender Mächtigkeit als Nester und Lager zwischen Thonen und Schieferthonen auf und sind dann das Object manches ausgedehnten Bergbaues geworden. In dem braunen Jurasandstein Württembergs kennt man bei Aalen fünf Flötze, deren unterstes und zugleich bedeutendstes 2,3 m mächtig ist. Eine noch größere Wichtigkeit erreichen dieselben in Lotbringen und Luxemburg. Auch bauwürdige Lager, noch häufiger aber lagenweise an einander gereichte Nieren von Thoneisenstein umfasst der braune Jura. Am großartigsten ist dies in Oberschlesien der Fall, wo 3 bis 6 Eisensteinflötze in einer etwas über 30 m mächtigen Schichtenreihe (Zone des Amm. Parkinsoni) von dunklen Thonen auftreten und sich über einen Raum von mehreren Quadratmeilen verbreiten. In größerer Häufigkeit finden sich (so im nordwestlichen Deutschland) Geoden, aus mehr oder weniger eisenreichem thonigem Kalksteine bestehend, in Schnüren zwischen den Schieferthonen des Doggers. Sehr gewöhnlich ist auch das Vorkommen von Schwefelkies, welcher vorzüglich in dieser Formationsgruppe das Versteinerungsmittel der Ammoniten und anderer organischer Reste bildet und auf diese Weise, sowie in knolligen Concretionen manche Schichten des Doggers anreichert. Nicht selten findet sich endlich in einzelnen Lagen des Schieferthones Gypsspat in größeren, regelmäßigen Krystallindividuen eingeschlossen (Oxford, am Hils. in der Wesergegend), während selbständige Gypseinlagerungen im Dogger nicht bekannt sind.

Allgemeiner paläontologischer Charakter. Wie der Lias, so ist auch der Dogger eine Meeresbildung und deshalb im allgemeinen sehr arm an vegetabilischen Resten. In Deutschland kennt man außer Fucoiden, welche auf den Schichtungsflächen des unteren braunen Jura (z. B. in Württemberg) ausgebreitet liegen, nur vereinzelte Coniferenbölzer, die sich mitten in marinen Gebilden finden, also nur eingeschwemmt sein können, ferner in den feuerfesten Thonen des unteren Doggers von Oberschlesien die Reste einiger Farnwedel (z. B. Asplenites Roesserti Schenk) und des

Equisetum Lehmannianum Göpp. In England hingegen und zwar in Yorkshire und Schottland tritt im mittleren braunen Jura eine vollständige kleine Kohlenformation von Sandsteinen mit vielen Pflanzenresten, Schieferthonen und einigen Kohlenflötzen auf. Hier muss sich also während der Doggerzeit ein flaches sumpfiges Festland ausgedehnt haben, auf welchem Farne, Equiseten und Cycadeen wucherten, deren Reste uns erhalten blieben. Dieselben gehören der Mehrzahl nach den Geschlechtern *Neuropteris*, *Sphenopteris*, *Hymenophyllites*, *Taeniopteris* und *Pecopteris*, sowie *Zamites*, *Otozamites*, *Podozamites*, *Ctenis*, *Pterophyllum* und einigen anderen Cycadeen an, deren Mannigfaltigkeit sich im Vergleiche mit früheren Perioden außerordentlich gesteigert hat. Die bis jetzt bekannte Flora des englischen Doggers besteht aus 37 Farnen, 3 Equiseten, 24 Cycadeen, 12 Coniferen und 3 Monocotyledonen. Eine ganz ähnliche Flora erzeugte damals Japan, Ostsibirien und das Amurland, sowie Spitzbergen.

An Resten von Meerestieren sind gewisse Schichten des Doggers so reich wie die des Lias. Foraminiferen und Schwämme sind schwach vertreten, ebenso die Korallen, obwohl diese schon zahlreicher werden, als im unteren Jura, hier und da (in Schwaben, Lothringen) bereits Korallenbänke bilden und so auf die große Entwicklung, welche sie im oberen Jura erlangen sollen, vorbereiten. Unter den Echinodermen tritt die Gattung *Pentacrinus* in den Hintergrund, statt welcher, wenigstens in England, *Apiocrinus* erscheint, während sich zugleich die Echiniden (z. B. *Echino-brissus*, *Pyrina*, *Clypeus*, *Holactypus*, *Collyrites*, *Dysaster*, *Cidaris*) mehren. Die Brachiopoden sind im unteren Dogger schwach, im oberen sehr stark vertreten durch zahlreiche Arten von *Rhynchonella* und *Terebratula*, während die Gattung *Spiriferina* mit dem Lias ausstirbt. Von Zweischalern gewinnen die eigentlichen Ostreen, welche jetzt zum ersten Male ganze Bänke bilden, eine sehr große Mannigfaltigkeit und Verbreitung. Einen eigentümlichen Charakter aber erhält die Fauna des Doggers durch die formen- und individuenreiche Entwicklung des Geschlechts *Trigonia*. Unter den Gastropoden ist vor allem das Geschlecht *Pleurotomaria* hervorzuheben. Die Ammoniten und Belemniten setzen im Dogger ebenso mannigfaltig fort wie im Lias und besitzen die nämliche Wichtigkeit für die Gliederung jener wie dieser Formation. Unter den Ammoniten sind ähnlich wie im Lias namentlich die Gattungen *Harpoceras*, *Oppelia*, *Stephanoceras*, *Macrocephalites*, *Parkinsonia*, *Perisphinctes*, *Amaltheus*, *Phylloceras* und *Lytoceras* sowie die neu erscheinenden Genera *Haploceras* und *Cosmoceras* vertreten. Fische finden sich weniger häufig in vollständig erhaltenen Exemplaren, doch weisen große glänzende Schuppen, Zähne und Flossenstacheln auf die damalige Häufigkeit von Ganoiden und Haien hin. Die Saurier, namentlich *Ichthyosaurus* und *Plesiosaurus*, scheinen seltener zu werden, — es kommen nur noch vereinzelte Skeletteile, vorzüglich

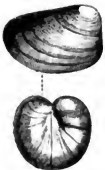
Wirbel vor. Eine der bedeutungsvollsten Erscheinungen während der Doggerperiode, auf die uns übrigens der Fund obertriadischer Beuteltierkiefer vorbereitete, ist das Auftreten kleiner Säugetiere und zwar in-

Fig. 413. *Amphitherium Prevosti* Cuv.Fig. 414. *Phascolotherium Bucklandi* Broderip.

sectenfressender Beuteltiere (*Amphilestes*, *Amphitherium* und *Phascolotherium*, Fig. 413 und 414), deren Unterkiefer in dem Kalkschiefer von Stonesfield in England vorkommen.

Allgemeine Gliederung des Doggers. Wie der Lias zerfällt auch der Dogger in drei Unterabteilungen, welche sich wiederum in verschiedene Stufen gliedern.

a. Unterer Dogger: Stufen des *Amm. (Lytoceras) torulosus*, des *Ammonites (Harpoceras) opalinus* und des *Amm. (Harpoceras) Murchisonae*.

Fig. 415. *Nucula Hammeri* Deffr.Fig. 416. *Pecten personatus*
Ziet.Fig. 417. *Astarte Voltzi*
Hön.Fig. 418. *Ammonites (Harpoceras) opalinus* Rein.Fig. 419. *Trigonia navis*
Lam.Fig. 417b. *Inoceramus polypleucus*
F. Römer.

Leitfossilien des unteren Doggers.

Diese Schichtengruppe beginnt in Deutschland mit dunkelfarbigen, milden Schieferletten, welche braune Thoneisensteingeoden und als Hauptleitfossilien Ammonites (*Harpoceras*) *opalinus* Rein. (Fig. 418), *Amm.* (*Lytoceras*) *torulosus* Ziet., *Trigonia navis* Lam. (Fig. 419), *Nucula Hammeri* Defr. (Fig. 445), *Astarte Voltzi* Hön. (Fig. 447) umschließen, deren zum großen Teile schneeweiße Schalen sich grell aus den dunklen Thonen hervorheben. Auf sie folgen in Schwaben gelbe und braune Sandsteine, denen die oben erwähnten Eisensteinflötze von Aalen untergeordnet sind. Für sie bezeichnend ist das Vorkommen von *Amm. Murchisonae*, sowie der in unzähliger Menge auftretende *Pect. personatus* Ziet. (Fig. 416). Im nordwestlichen Deutschland treten für die an *Amm. Murchisonae* reichen eisen-

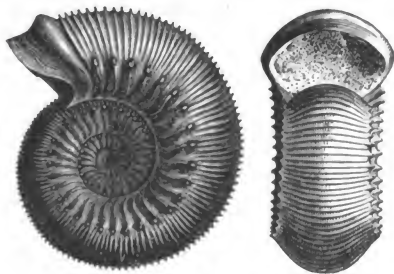


Fig. 420. Ammonites (*Stephanoceras*) *Humphriesianus* Sow.



Fig. 421. *Ostrea Marshi* Sow.
(= *Ostrea cristagalli* Schloth.)



Fig. 422. *Bel. giganeus* Schloth.

Leitfossilien des mittleren Doggers.

schüssigen Sandsteine glimmerhaltige Schieferthone mit *Inoceramus polylocus* F. Römer (Fig. 417b) ein. Derselbe Zweischaler ist auch für die entsprechende Schichtengruppe Oberschlesiens charakteristisch.

b. Der mittlere Dogger, umfassend die Stufen des Amm. (*Harpoceras*) *Sowerbyi* und des Amm. (*Stephanoceras*) *Humphriesianus*.

Es ist dies in Süddeutschland, Frankreich und England wesentlich eine Kalksteinformation von teilweise oolithischer Beschaffenheit (so im schweizer Jura), wenn auch zwischengelagerte dunkle Thone nicht ausgeschlossen sind, in Norddeutschland aber werden die Kalkgebilde durch dunkelgraue Thone mit Thoneisensteingeoden vertreten. Die wichtigsten organischen Reste, welche diese Unterabteilung des Doggers in allen ihren Verbreitungsgebieten charakterisieren, sind Ammonites (*Stephanoceras*) *Humphriesianus* Sow. (Fig. 420), Amm. (*Harpoceras*) *Sowerbyi*, *Belemnites giganteus* Schloth. (Fig. 422), *Ostrea Marshi* Sow. (Fig. 421), *Pholadomya Murchisoni* Sow.



Fig. 423. *Rhynchonella varians* Schloth.



Fig. 424. *Terebratula* (*Walheimia*) *digona* Sow.

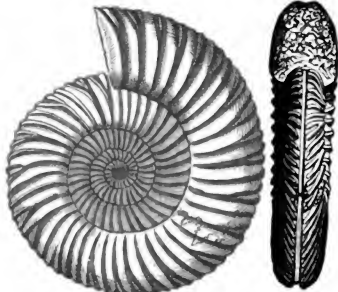


Fig. 428. *Ammonites* (*Parkinsonia*) *Parkinsoni* Sow.

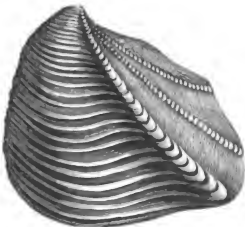


Fig. 425. *Trigonia costata* Park.



Fig. 426. *Ammonites* (*Macrocephalites*) *macrocephalus* Schloth.

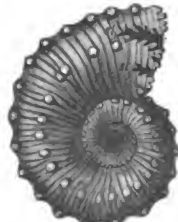


Fig. 427. *Ammonites* (*Cosmoceras*) *ornatus* Schloth.

Leitfossilien des oberen Doggers.

c. Der obere Dogger: Stufen des Amm. (Parkinsonia) Parkinsoni, des Amm. (Macrocephalites) macrocephalus, des Amm. (Reineckia) anceps, Amm. (Peltoceras) athleta und Amm. (Cosmoceras) ornatus.

Es besteht diese Schichtengruppe in Deutschland wiederum vorwiegend aus thonigen Gesteinen, zwischen denen sich einzelne Bänke von Eisenoolith einstellen. Von diesen gewinnen zwei besondere Wichtigkeit als Orientierungsmittel in der Schichtenreihe des Doggers: der Eisenkalk des



Fig. 429. Pterophyllum
Preslianum Göpp.

Cornbrash voll Avicula (Pseudomonotis) echinata und die grobkörnigen Eisenoolithe mit Ammonites (Macrocephalites) macrocephalus. Die gewöhnlichsten und verbreitetsten Tierreste des oberen Doggers sind Ammonites (Parkinsonia) Parkinsoni Sow. (Fig. 428, im unteren Niveau), Amm. (Macrocephalites) macrocephalus Schloth. (Fig. 426), Amm. (Cosmoceras) ornatus Schloth. (Fig. 427, beide im oberen Niveau), Belemnites subhastatus Ziet., Bel. canaliculatus Schloth., Trigonia costata Park. (interlaevigata Quenst.) (Fig. 425), Avicula echinata Sow., Rhynchonella varians Schloth. (Fig. 423), Terebratula (Waldheimia) digona (Fig. 424).

Im oberen Dogger (Great oolite) Englands (s. Seite 587) treten kalkige Schiefer auf (Stonesfield Slates), welche durch ihre Wirbeltierreste berühmt geworden sind: außer zahlreichen Skeletteilen von Reptilien, z. B. von Ichthyosaurus, Teleosaurus, Pterodactylus, finden sich dort die oben erwähnten Beuteltierunterkiefer; neben ihnen Cycadeen und Farnwedel. Von ersteren sind Pterophyllum Preslianum Göpp. (Fig. 429) und Pteroph. comptum Göpp. die häufigsten.

Specielle Gliederung des Doggers in Schwaben, im nordwestlichen Deutschland und in Deutsch-Lothringen.

In Schwaben gliedert sich der braune Jura nach Quenstedt wie folgt:

III. Oberer brauner Jura, 7 bis 30 m mächtig.

Brauner Jura ζ.

2. Lamberti-Thone, schwarze, glauconitische Mergel mit Amm. Lamberti Sow.,
4. Ornatenthone, dunkle Thone mit Amm. refractus Rein., Amm. Jason Rein. und Amm. ornatus Schloth., Bel. semihastatus Blainv.

Brauner Jura ε.

3. Macrocephalen-Stufe. Oolithe mit Amm. macrocephalus Schloth., Terebr. Waldheimia lagenalis Schloth., Rhynch. varians Schloth., Trigon. costata Park., Trigon. interlaevigata Quenst., Leda lacryma Sow.

4. Thone mit *Rhynchonella varians* und *Amm. Württembergicus*.
3. *Dentalionthone*.
2. *Parkinsoni*-Stufe. Oolithe und Thone mit *Amm. Parkinsoni* Sow., ein höchst constanter Horizont.
1. Dunkle, schwefelkiesreiche Thone mit verkiesten »Hamiten« (*Ancyloceren*, *Posidonienbruchstücken*, ferner mit *Trig. clavellata* Ziet., *Ostr. Knorri* Ziet.

II. Mittlerer brauner Jura.

Brauner Jura δ . *Humphriesianus*-Stufe.

4. *Bifurcatenschicht*, *Eisenoolith* mit *Amm. Humphriesianus* Sow., *Amm. Braikenridgi* Sow., *Amm. bifurcatus* Schloth., »*Hamites*« *bifurcatus* Quenst., *Rhynch. acuticosta* Ziet., *Bel. giganteus* Schloth., *Bel. canaliculatus* Schloth.
3. Knollenbänke mit *Pseudomonotis Münsteri*, *Cerithium muricatum* u. a.
2. *Ostreenkalke* mit *Ostrea Marshi* und *eduliformis* Schloth., 6 m mächtig, außerdem mit *Trigonia costata* Park., *Pect. tuberculosus* Goldf., *Pholadomya Murchisoni* Sow., *Pleurotomaria ornata* Ziet., *Amm. Humphriesianus* Sow., *Amm. Blagdeni* Sow.
1. *Giganteus*-Thone mit *Bel. giganteus* Schloth., 6 m mächtig.

Brauner Jura γ . *Sauzei*- und *Sowerbyi*-Stufe. Harte blaue Kalke, 3,3 m mächtig. Zu unterst die Schicht des *Amm. Sowerbyi* Mill. und die Korallenschicht mit *Isastraea*, *Lithodendren* und *Montlivaultia*, beide mit *Pect. demissus* Goldf., *Rhabdocidaris maxima* Goldf., zu oberst braunrote *Eisenoolithe* mit Trümmern von Austern und *Belemniten*.

I. Unterer brauner Jura, bis 450 m mächtig.

Brauner Jura β . *Murchisonae*-Stufe, namentlich durch seine gelben Sandsteine und roten oolithischen Eisenerze charakterisiert. An der Basis des Sandsteincomplexes liegen die sogenannten *Zopfplatten*, dünne Sandsteinplatten mit Wellenfurchen und zopfartigen Wülsten. Diese Abteilung des braunen Jura β , welcher auch die Eisensteinablagerungen von Aalen angehören, führt: *Amm. Murchisonae* Sow., *Amm. Staufenensis* Opp., *Nautilus lineatus* Sow., *Trigon. costata* Park., *Trigon. striata* Phil., *Pecten personatus* Goldf., *Nucul. Hammeri* Deffr. Als Grenzregion nach der nächst höheren Abteilung zu tritt der *Pectinitenkalk* mit vielen *Pectenarten* und *Amm. Sowerbyi* auf.

Brauner Jura α . dunkelgraue Schieferletten, reich an *Conchylien*, diese mit weißer Schale. Besonders charakteristische Horizonte sind in dieser 400 m mächtigen Schichtenreihe:

3. *Opalinus*-Stufe. Thone mit *Trig. navis* Lam. und Kalkknollen, angefüllt von *Amm. opalinus* Rein. (Oberregion).
2. Die *Astartenbank*, voll *Astarte opalina* Quenst., direct darunter die *Lucinenbank*, voll *Lucina plana* Ziet., und hoher hinauf die *Pentacrinitenplatte* voll *Pent. pentagonalis*. (Mittelregion).
1. Die *Torulosus*-Schichten, 10—15 m, an der Basis des braunen Jura, dunkle, weiche Thone voll weißschaliger *Conchylien*, so *Amm. torulosus* Ziet., *Amm. opalinus* Rein., *Posid. opalina* Quenst., *Trig. pulchella* Ag., *Nucula Hammeri* Deffr., *Astarte Voltzi* Hön., *Cerith. armatum* Goldf. (Unterregion).

Im nordwestlichen Deutschland zerfällt der Dogger nach v. Seebach in folgende Unterabteilungen:

III. Oberer Dogger.

7. **Kelloway**; von manchen Geologen, so auch von K. von Seebach, zum oberen Jura gerechnet, dessen Schichten im nordwestlichen Deutschland, z. B. am Lindener Berg, jenem vollkommen regelmäßig auflagern.

- b. Ornatenthone, dunkle Schieferthone mit *Amm. ornatus*, *Amm. Lamberti*, *Amm. Jason*, *Nucula pollux*, bei Hersum, am Osterfeld, Tonnjesberg bei Hannover, Bredenbeck, Mehler Dreisch, Porta. = Quenstedts ζ .
- a. Macrocephalenschichten, entweder eisenschüssiger Sandstein und Eisenoolith oder hellgraue Thone mit *Amm. macrocephalus*, *Amm. Gowerianus*, *Pholadomya Murchisoni*, *Pleuromya donacina*, auf dem Osterfeld, bei Goslar, auf dem Mehler Dreisch, in der Weserkette.
- 6. Eisenkalke des Cornbrash, eisenschüssige sandige Kalkbänke, etwa 36 m mächtig, mit *Avicula* (*Pseudomonotis*) *echinata*, *Amm. posterus*, *Bel. hastatus* bei Wettbergen, in der Weserkette.
- 5. Schichten der *Ostrea Knorri*, glimmerreiche sandige und kalkige Thone mit *Ostrea Knorri*, *Astarte pulla*, *Trigonia interlaevigata*, *Amm. ferrugineus*; etwa 30 m mächtig, bei Goslar, Mehler Dreisch, bei Marienhagen, Gerzen, Brunkensen an der Hils mulde.
- 4. Schichten des *Ammonites Parkinsoni*, glimmerig-sandige Schieferthone mit viel Sphärosiderit-Nieren, etwa 30 m mächtig, fast nur mit *Amm. Parkinsoni*, bei Hildesheim, Deinsen, Mehler Dreisch am Osterwalde. 4, 5, 6, 7 = ϵ .

II. Mittlerer Dogger.

- 3. Coronatenschichten, zu unterst blaugraue, darüber hellgraue Thone mit *Bel. giganteus*, *Amm. Brackenridgi*, *Amm. Gervilli*, *Amm. Sauzei*, *Amm. Humphriesianus*, *Gresslya abducta*, bei Fallersleben, bei Hildesheim, Pottholtensen, Dohnsen. = γ und δ .

I. Unterer Dogger.

- 2. Schichten des *Inoceramus polylocus*, Schieferthone mit *Inoceramus polylocus*, *Gresslya donaciformis*, *Pholadomya transversa*, *Amm. Murchisonae* bei Kl.-Schöppenstedt, Ocker, Dohnsen, Hildesheim. = β .
- 1. Schichten des *Ammonites opalinus*, graublaue Thone und dunkelgrauer dichter Kalk mit *Nucula Hammeri*, *Trig. navis*, *Amm. opalinus*, *Amm. radiosus*, *Amm. affinis*, bei Holm (Halberstadt), Wrisbergholzen, Greene, Wenzen. = α .

In Deutsch-Lothringen lässt sich nach Steinmann der Dogger wie folgt gliedern:

II. Oberer Dogger (Bathonian).

B. Bathian.

- 2. Schichten der *Rhynchonella varians* und des *Ammonites quercinus*. Dunkle Thone, 2—5 m.
- 1. Thone mit *Anabacia complanata* und *Ostrea Knorri*.
A. Vesullian*).
- 3. Mergeloolithe von Gravelotte. 40 m, mit *Ammonites Parkinsoni*, *Belemnites giganteus*, *Bel. canaliculatus*, *Trigonia costata*, *Avicula echinata* u. v. a.
- 2. Oolith von Jaumont. 45—20 m, voll *Ostrea acuminata*.
- 1. Mergelkalke von Longwy. 5—40 m, mit *Avicula echinata*, *Ostrea acuminata* u. a.

I. Unterer Dogger (Bajocian).

- 6. Schichten des *Ammonites Humphriesianus* und *Blagdeni*, und der *Isastraea Bernardana* (Korallenkalk). 40 m. = γ .

* G. Steinmann. N. Jahrb. 1880. H. S. 234. — K. Mayer, ebenda. S. 367.

5. Schichten des *Ammonites Sowerbyi* und der *Gryphaea sublobata*. Bläuliche und rotbraune Kalke. 20 m, zu oberst mit *Amm. Sauzei* und *Inoceramus polylocus*.

4. Schichten des *Ammonites Murchisonae* und der *Pholadomya reticulata*. Ebenfalls Sandstein mit *Eisenerzen*. = β .

3. Schichten der *Trigonia navis* und *Gryphaea ferruginea*. Sandsteine mit *Eisenerzflötzen*. 4, 2 und 3 = α .

2. Schichten des *Ammonites striatulus*; beides Thone, nach oben in Sandstein übergehend.

1. *Torulosis*-Schicht.

Der Dogger Englands und Frankreichs. Die auf den Lias folgenden jurassischen Ablagerungen Englands zeichnen sich durch die sehr beträchtliche Entwicklung von Oolithen aus, so dass man sie unter dem Namen »Oolites« zusammengefasst hat. Die untere, unserem Dogger entsprechende Abteilung desselben wird als *Inferior, Lower oder Bath Oolites*, der obere Jura als *Middle Oolites* und *Upper oder Portland Oolites* bezeichnet. In den *Lower Oolites* (Dogger) werden von oben nach unten folgende Stufen unterschieden:

4. Kelloway = ζ ,

3. Great Oolite = ϵ ,

c. Cornbrash,

b. Bradfordclay und Forrest Marble,

a. Great or Bath Oolite, mit den Stonesfield Slates (s. S. 584),

2. Fullers Earth und Zone des *Amm. Parkinsoni*,

1. Inferior Oolite,

Zone des *Amm. Humphriesianus* = δ ,

Zone des *Amm. Sowerbyi* = γ ,

Zone des *Amm. Murchisonae* = β ,

Zone des *Amm. Opalinus* = α .

In Frankreich werden die unserem Dogger und den englischen *Lower Oolites* entsprechenden Schichtencomplexe von oben nach unten wie folgt benannt (vergl. S. 586 f.).

4. Callovien (= brauner Jura. ζ Quenst. = Kelloway),

3. Bathonien oder Grande Oolithe (= ϵ und obere Niveaus von δ).

2. Bajocien oder Oolithe inferieur (= γ Quenst.).

1. Toarcien supérieur oder Aalenian (= α und β Quenst.), während das untere Toarcien unserem oberen Lias ϵ und ζ entspricht.

Der Dogger der Alpen. Der Dogger bildet in den Alpen inselartige vereinzelte Vorkommnisse, welche z. T. sehr arm an organischen Resten sind, z. T. verschiedenartige, aber gleichalterige Facies repräsentieren, so dass eine Trennung des Doggers vom Malm dort nicht überall möglich ist. Letzteres ist z. B. bei den weitverbreiteten *Aptychenschichten* (mergeligen, kalkigen oder schieferigen Complexen, die fast nur *Aptychen* führen) der Fall, welche den gesamten postliasischen Jura in sich begreifen.

Dahingegen vertreten in den Südalpen die Oolithe mit *Harpoceras opalinum* und *Murchisonae* den unteren Dogger, — die Macrocephalenschichten des Salzkammergutes, die weißen Brachiopodenkalke von Vils in Nordtirol mit *Terebr. pala* und *antiplecta* und die Klaus-Schichten der Nordalpen nach Neumayr und Zittel*), sowie die Posidonomyengesteine der Südalpen nach Benecke den oberen Dogger**). Auf letztere folgt local direct die als Leithorizont so wichtige Stufe des *Aspidoceras acanthicum*, welche dem Kimmeridge angehört.

Der weisse oder obere Jura (Malm).

Petrographischer Charakter. Zwischen dem Lias und Dogger einerseits und dem oberen Jura andererseits giebt sich im großen Ganzen eine auffallende petrographische Verschiedenheit zu erkennen. Die im allgemeinen bis dahin dunkle Gesteinsfarbe wird weiß oder licht gelblichweiß, Sandsteine und Thone treten zurück, hellfarbige Kalksteine und Kalkmergel und neben ihnen Dolomite spielen die Hauptrolle. Als das wichtigste Schichtenmaterial des in Deutschland über 300 m mächtigen weißen Jura müssen die meist weißen, nur ausnahmsweise dunkel gefärbten Kalksteine angesehen werden, welche in den mannigfaltigsten Varietäten erscheinen. Bald sind sie oolithisch, bald dicht, bald dickschichtig, bald schieferig, hier sind sie fast vollkommen versteinungsarm, dort stellenweise ganz angefüllt von organischen Resten. Namentlich sind es Spongien und Korallen, welche das Material mancher Schichtencomplexe fast ausschließlich geliefert haben, die danach Spongiten- und Korallenkalksteine genannt werden. Eine sowohl durch ihre technische Nutzbarkeit, wie durch ihren Reichtum an eigenartigen organischen Resten und deren außergewöhnlich guten Erhaltungszustand berühmte Varietät der plattenförmigen dichten Kalksteine sind die Solenhofener »lithographischen Schiefer«, welche in der Grafschaft Pappenheim in Bayern gebrochen werden. In gewissen Verbreitungsgebieten des weißen Jura erscheinen bedeutende Ablagerungen von Dolomit, welche sich durch ihre verhältnismäßige Armut an organischen Resten, durch ihre krystallinische, poröse und cavernöse Structur, durch ihre meist schroffen Abstürze, ihre oft abenteuerlichen, ruinenähnlichen Felsformen, durch ihre Spalten- und Höhlenbildungen von den benachbarten Kalksteinen unterscheiden. Statt der reinen Kalksteine und Dolomite treten besonders in den höheren Etagen des weißen Jura sehr gewöhnlich stark thonige Kalksteine

*) Zittel. Jahrb. d. k. k. R. Wien XVIII. S. 604. — Neumayr. ebend. XX. S. 447 u. XXI. S. 377. — A. Rothpletz l. c. — H. Finkelstein. N. Jahrb. Beil. B. VI. 1889. S. 36.

** Benecke. Trias u. Jura in den Südalpen. München 1866.

und Kalkmergel auf, welche dann oftmals mit wirklichen Thonbänken wechsellagern. Viel beschränkter und namentlich in der Nähe von Hannover, bei Limmer und am Ith, sowie im Jura bei Porrentruy aufgeschlossen, ist das Vorkommen von mit Asphalt imprägniertem Kalkstein. Die in den Asphaltbrüchen von Limmer gewonnenen oolithischen Kalksteine, schieferigen Mergel und Mergelkalke sind in der Weise von Bitumen durchdrungen, dass sie frisch gebrochen eine dunkelbraune Färbung zeigen, einen intensiven Geruch verbreiten und oft Nester und Streifen eines dickflüssigen, zähen Erdpeches umschließen. Häufig sind auch die Schalen der in ihnen vorkommenden Mollusken in reinen Asphalt verwandelt. Dem Einflusse der Sonnenstrahlen ausgesetzt, bleicht das Gestein und wird fast weiß.

Paläontologischer Charakter. Wie in den unteren Etagen des Jura, so kommen auch im weißen Jura Pflanzenreste nur local vor und gehören einigen Cycadeen, Coniferen und Farnen an. Die Hauptrolle spielen die Vertreter des Tierreiches. Die wesentlichsten Züge seiner Entwicklung während der Periode des oberen Jura lassen sich wie folgt kurz zusammenfassen: Die Seeschwämme vermehren sich in einer so enormen Weise, dass sie gewisse Bänke (Spongitenkalke) Süddeutschlands, der Schweiz und Ostfrankreichs vollkommen anfüllen. Es giebt in Schwaben stundenlange Felswände und Klippen von mehreren Hundert Fuß Höhe, wo man keinen Stein aufheben kann, der nicht Spuren von Schwammgewebe enthielte. In ganz ähnlicher Weise entwickeln sich die Korallen, und zwar namentlich die Geschlechter *Isastraea*, *Thamnastraea*, *Montlivaultia*, *Thecosmilia*, *Stylina*, *Favia* u. a., nur ist ihre Verbreitung eine weit allgemeinere, so dass sie fast in allen Territorien des weißen Jura ausgedehnte Korallenriffe aufgebaut haben oder zu mächtigen Korallenbänken angehäuft sind. Auch die früher spärlicheren Echiniden gewinnen an Häufigkeit; zahlreiche Arten der Geschlechter *Cidaris*, *Hemicidaris*, *Acrocidaris*, *Pseudodiadema*, *Stomechinus*, *Pedina*, *Pygaster*, *Echinobrissus* gehören zu den bezeichnendsten organischen Resten des oberen Jura; ihre Schalen oder deren Fragmente, sowie ihre Stacheln, füllen einzelne Bänke (z. B. die *Cid. florigemma*-Bänke) in großer Menge an. Während die *Pentacriniten* im Vergleich mit der Unzahl von Individuen in gewissen Schichten des Lias seltener werden, gewinnen andere *Crinoidengeschlechter*, namentlich *Apiocrinus*, *Eugeniocrinus*, *Milleriocrinus*, größere Häufigkeit. Die echten *Ostreten* treten fast noch massenhafter auf, als im Dogger; zu ihnen gesellt sich ein neues *Ostreiden*-Geschlecht, *Exogyra*, dessen Vertreter (*Exog. virgula*) namentlich für die oberen Horizonte des weißen Jura bezeichnend sind. Auch die *Trigonien* stehen denen des Doggers an Häufigkeit kaum nach und liefern eine Anzahl wichtiger Leitfossilien. Das *Zweischaler*-Geschlecht *Diceras*, ein Vorläufer von *Chama*, besitzt besonders für die Schweiz und den französischen Jura Wichtigkeit, wo seine Vertreter den Hauptbestandteil der

durch ihre Felsbildungen charakterisierten Diceratenkalke ausmachen. Von allen jurassischen Gastropoden zeichnen sich die Nerineen, welche jetzt das Maximum ihrer Entwicklung erlangen, durch Formen- und Individuenreichtum aus. Die Ammoniten und Belemniten entfalten in dem oberen Jura nicht die Üppigkeit, durch welche sie für fast jede einzelne Schicht des Lias und Doggers so charakteristisch wurden. Das Vorwalten der Gattungen *Perisphinctes*, *Aspidoceras*, *Oppelia*, *Peltoceras* und *Haploceras* ist für den weißen Jura bezeichnend, ebenso die Häufigkeit der von Ammonoiten herrührenden Aptychen.

Im obersten Jura stehen die Ganoiden auf dem Höhepunkte ihrer Entwicklung. Namentlich zeichnet sich die Gattung *Lepidotus* (Fig. 430)

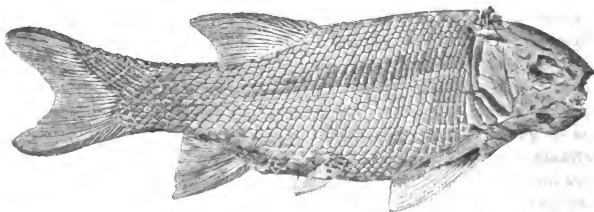


Fig. 430. *Lepidotus notopterus* Ag.

durch Artenreichtum und Größe der Individuen aus. Ihr gewaltigster Vertreter ist der fast 2 m lange *Lepidotus maximus* aus den Solenhofener Schiefer. Allgemein verbreitet sind die isolierten oder reihenförmig auf den Unterkiefern und Gaumenplatten angeordneten bohnenförmigen Mahlzähne von *Gyrodus* und *Microdon* (Fig. 431). Echten Knochenfischen



Fig. 431. *Microdon alternans* Quenst.
Unterkiefer.



Fig. 432. *Leptolepis sprattiformis* Ag.

hingegen gehören die local sehr häufigen Exemplare von *Leptolepis* (Fig. 432) und *Thrissops* an. Die Fauna der Reptilien wird eine reichere, namentlich finden sich jetzt häufigere Reste von Schildkröten (*Thalassémyd*, *Platychelys*, *Plesiochelys*), ferner solche einer zierlichen rhynchocephalenartigen Echse, *Hommaeosaurus* (Fig. 433), sowie riesiger Crocodilier (*Teleosaurus*, *Geosaurus*, *Machimosaurus*). Während *Ichthyosaurus* und *Plesiosaurus* fast vollkommen aussterben, erreichen die Flugsaurier

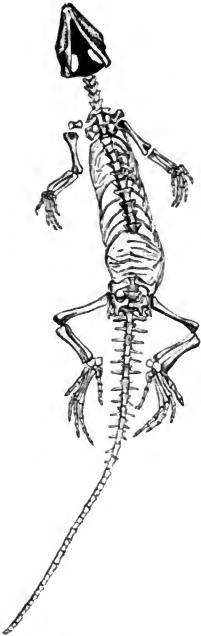


Fig. 433. *Homaeosaurus pulchellus* Zitt.



Fig. 434. *Pterodactylus spectabilis* v. Meyer.



Fig. 435. *Compsognathus longipes* Wagn.

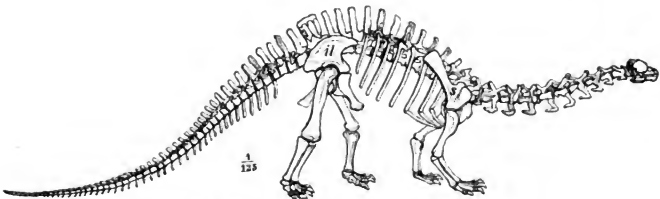


Fig. 436. *Brontosaurus excelsus* Marsh.

(Pterodactylus und Rhamphorhynchus) jetzt das Maximum ihrer Entwicklung. Namentlich sind uns in den lithographischen Schiefen von Solenhofen vollständige Skelete dieser abenteuerlichen Reptilien erhalten*),



Fig. 437. *Archaeopteryx macrura* R. Owen.
Das Berliner Exemplar. Restauriert nach W. Dames**).
sc = Scapula; co = Coracoid; cl = Clavicula; h = Humerus;
r = Radius; c = Carpus.

welche mit dem ungeheuer verlängerten vierten Finger der Vorderfüße eine Flughaut jederseits des Vorderkörpers spannen und sich mit dieser in fliegende Bewegung setzen konnten (Fig. 434). Endlich sind die Dinosaurier im deutschen Malm durch den kleinsten ihrer Zugehörigen, den in vielen Beziehungen vogelähnlichen *Compsognathus* (Fig. 435) aus dem lithographischen Schiefer von Kelheim, — im Westen von Nordamerika hingegen durch bis 30 m lange Riesengestalten (*Atlantosaurus*, *Brontosaurus* Fig. 436, *Stegosaurus*, *Laosaurus* u. a.) vertreten.

Auch echte Vögel lebten während der jüngeren Jurazeit. Die ältesten Skeletteile eines solchen wurden ebenfalls in den lithographischen Schiefen von Solenhofen gefunden; sie gehören nur zwei Individuen an (Londoner

und Berliner Exemplar), ein Beweis für die noch immer außerordentlich geringe Verbreitung des Vogeltypus auf der jurassischen Erde, während

* K. A. Zittel. *Palaeontograph.* III. Folge. B. V. Lief. 2. Kassel 1882. — L. v. Ammon. *Corr.-Bl. d. nat. Ver. Regensburg* B. 38. 1884. S. 129.

** W. Dames. *Über Archaeopteryx.* *Paläont. Abh.* II. 3) Berlin 1884.

wir heute über 6000 Species Vögel kennen. Der Solenhofener Juravogel, *Archaeopteryx macrura* Ow. (Fig. 437), ein echter Vogel, zur Abtheilung der Carinata gehörig, unterscheidet sich am auffallendsten von allen jetzt lebenden Vögeln durch den Bau seiner Wirbel und seines Schwanzes, sowie durch Bauchrippen und seine bezahnten Kiefer. Die Wirbel sind biconcav, der Schwanz besteht aus 20 frei stehenden Wirbeln, zu deren Seiten jedesmal eine, im ganzen also 40 Federn stehen; jeder Kiefernrand trägt 13 Zähne in Alveolen.

Überreste, und zwar namentlich Unterkiefer von Säugetieren sind in Europa bis jetzt nur aus einer wenige Zoll mächtigen Lage des obersten weißen Jura von England bekannt geworden. Sie gehören sowohl fleisch- und insecten-, wie pflanzenfressenden kleinen Beuteltieren an (*Triconodon*, *Bolodon*, *Plagiaulax*). Eine reichere Ausbeute an derartigen Beuteltierresten haben die oberjurassischen *Atlantosaurus*-Schichten in Colorado und Wyoming ergeben.

Allgemeine Gliederung des oberen Jura. Der obere Jura zerfällt in drei Unterabteilungen: den Oxford, Kimmeridge und das Tithon.

a. Der Oxford.

Die Schichtenreihe des Oxford wird vorzugsweise aus dichten Kalksteinen, Oolithen, Kalkmergeln und Dolomiten aufgebaut und im allgemeinen charakterisiert durch die Führung von *Cidaris florigemma* Phill.

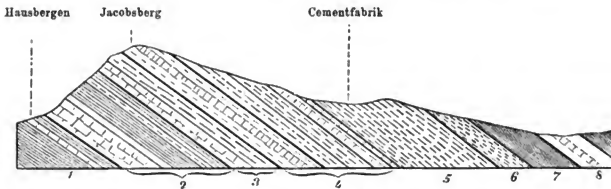


Fig. 438. Profil des weißen Jura in der Porta Westfalica. Nach Heinr. Credner.

- 1) Cornbrash, 2) Kelloway, 3) Oxford, 4) Kimmeridge, 5) *Erogyna virgula*-Schichten, 6) Eimbeckhäuser Plattenkalk, 7) Münstermergel, 8) Wealden, 9) Hils.

(Fig. 440), *Cidaris coronata* Goldf. (Fig. 439), *Hemicidaris crenularis* Ag., *Echinobrissus scutatus* Lam. (Fig. 441), *Apiocrinus Royassianus* d'Orb. (Fig. 442), *Terebratula* (*Megerlea*) *pectunculus* Schloth. (Fig. 443), *Terebratula* (*Waldheimia*) *impressa* Buch, *Rhynchonella lacunosa* Schloth., *Trigonia clavellata* Park. (Fig. 444), Amm. (*Aspidoceras*) *perarmatus* Sow., Amm. (*Cardioceras*) *cordatus*, Amm. (*Peltoceras*) *bimammatus*, Amm. (*Peltoceras*) *transversarius* Quenst. (Fig. 445), zahlreichen *Perisphincten* und *Oppelien*, sowie *Belemnites hastatus* Blainv. (Fig. 448).



Fig. 439. *Cidaris coronata* Goldf.



Fig. 440. Stachel von *Cidaris florigemma* Phill.



Fig. 441. *Echinobrisus scutatus* Lam.



Fig. 442. *Apicrinus Royassianus* d'Orb.



Fig. 443. *Terebratula (Megerlei) pectunculus* Schloth.



Fig. 444. *Trigonía clavellata* Park.

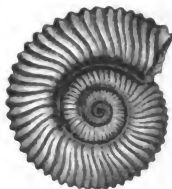


Fig. 445. *Ammonites (Peltoceras) transversarius* Quenst.



Fig. 446. *Belemnites hastatus* Blainv.



Fig. 447. *Tremadictyon reticulatum* Goldf.



Fig. 448. *Dicerias arietinum* Lam.

Leitfossilien des Oxford.

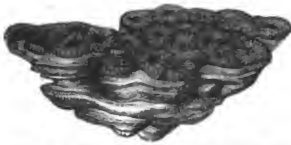
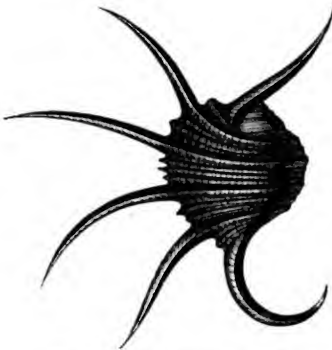
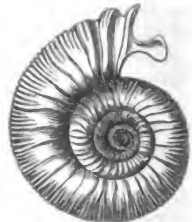
In dieser Schichtenfolge treten drei z. T. riffartige Gebilde durch die massenhafte Anhäufung nahe verwandter Tierformen besonders auffällig hervor. Das eine derselben sind Korallenbänke, welche namentlich in Norddeutschland, im Schweizer Jura, in Nordfrankreich und England entwickelt und vorzugsweise aus Stücken von *Thamnastraea concinna* Goldf., *Isastraea helianthoides* Goldf., *Montlivaultia sessilis* Münst. u. a. zusammengesetzt sind. Ihrem organischen Ursprunge nach den Korallenbänken ähnlich sind die Spongiten- oder Schwammkalke, welche in Franken und Schwaben am mächtigsten sind, von wo aus sie sich mit fortwährend abnehmender Mächtigkeit durch die Schweiz bis in die Bourgogne verfolgen lassen. Wie der Name andeutet, bilden Spongien das ursprüngliche Hauptmaterial dieser Kalksteine. Namentlich sind die Gattungen *Cnemidiastrum* (z. B. *stellatum* Goldf. sp.), *Hyalotragos* (*patella* Goldf. sp.), *Tremadictyon* (*reticulatum* Goldf. sp., Fig. 446), *Cupulospongia* (*rimulosa* Goldf. sp., *radiata* Münst. sp.), *Pachyteichisma* (*lopas* Quenst. sp.), *Cylindrophyma* und *Porospongia* vertreten. Einen dritten zoogenen Horizont des weißen Jura bilden die Diceratenkalke, die in den französischen und schweizer Territorien der Juraformationen ihre größte Verbreitung finden, der oberen Grenze des Oxford angehören und angefüllt sind von *Diceras arietinum* Lam. (Fig. 447).

b. Der Kimmeridge.

Die Schichtenreihe des Kimmeridge besteht aus dichten, thonigen und oolithischen Kalksteinen, während in ihren oberen Horizonten Kalkmergel von vorherrschend grauer, licht gelblichweißer oder vollkommen weißer Farbe vorwalten. Unter den zahlreichen organischen Resten dieser Gruppe sind als Leitfossilien hervorzuheben: *Pteroceras Oceani* Brongn. (Fig. 452), *Nerinea tuberculosa* Röms. (Fig. 451), *Nerinea bruntrutana* Thurm., *Nerinea pyramidalis* Münst., *Exogyra virgula* Sow. (Fig. 449), *Rholadomya acuticosata* Sow., *Corbis subclathrata* Buv., *Terebratula subsella* Leym., — in den unteren Complexen *Ammonites* (*Perisphinctes*) *polyplocus* Rein. (Fig. 455) und in den obersten oolithischen Kalken *Ammonites* (*Olcostephanus*) *gigas* Ziet. Diese Schichten des *Amm. gigas* werden auch wohl entweder für sich oder mit den Eimbeckhäuser Plattenkalken (siehe unter Purbeck u. S. 600) als eine selbständige Stufe, der Portland, aufgefasst. Dem Kimmeridge gehören die Korallenkalke von Nattheim in Württemberg an, mit *Thamnastraea prolifera* Beck (Fig. 450), *Stylina limbata* Goldf., *Isastraea*, *Thecosmilia*; — ebenso die oberen Schwammkalke (Felsenkalke) Schwabens und die lithographischen Schiefer von Nusplingen, mit denen der schwäbische Jura abschließt.

c. Das Tithon.

Das Tithon wird in Süddeutschland namentlich durch die Kehlheimer Korallenkalke und die Solenhofener Schiefer, in Norddeutschland durch

Fig. 449. *Exogyra virgula* Sow.Fig. 450. *Thamnastraea prolifera* Beck.Fig. 451. *Nerinea tuberculosa*
Röm.Fig. 452. *Pteroceras Oceani* Brongn.Fig. 453. *Ammonites (Oppelia)*
tenuilobatus Opp.Fig. 454. *Aptychus latus*
Münst.Fig. 455. *Ammonites (Perisphinctes)*
polypleurus Rein.

Leitfossilien des Kimmeridge.

den Purbeck, in den alpinen Gegenden vorzüglich durch Riff- und Klippenkalke vertreten.

Die Solenhofener Schiefer bilden den interessantesten Schichtencomplex des deutschen Tithon. Ihr gleichmäßiges Gefüge, die Feinheit ihres Kornes bedingen nicht nur den hohen technischen Wert dieser Plattenkalke, sondern haben sie auch zugleich zur Erhaltung der zartesten Teile von Organismen befähigt, so dass uns in ihnen eine reiche oberjurassische Fauna überliefert worden ist, die ohne so günstige Verhältnisse spurlos verschwunden wäre. Ihre Hauptrepräsentanten sind nackte Cephalopoden mit Schulp, Mantel, Kopf, Armen, Magen und Tintenbeutel, ferner Aptychen, Krebse, namentlich Astaciden mit vielgliederigen Fühlern und wohl erhaltenen Scheren und Füßen, Crustaceenlarven, Libelluliden mit dem zartesten Netzgewebe der Flügel, Fischskelete vorzüglich von *Lepidotus*-, *Megalurus*-, *Aspidorhynchus*-, *Leptolepis*- und *Thrissops*-Arten, endlich Reste, ja zum Teil vollkommene Knochengerüste des *Pterodactylus* und *Rhamphorhynchus*. Denselben Schichten entstammen, wie bereits erwähnt, die Skelette und Federn von *Archaeopteryx*.

Das alpine oder mediterrane Tithon erhält seine untere Begrenzung durch die Zone des *Aspidoceras acanthicum* (Oberer Kimmeridge), welche sich mit gleichbleibendem Charakter vom östlichen Siebenbürgen und der Tatra bis Sicilien und Algier verfolgen lässt und sich durch eine reiche Ammonitenfauna (namentlich *Perisphinctes* und *Aspidoceras*) auszeichnet*). Das auf sie folgende Tithon zerfällt in:

1. *Diphyakalke*, plattige, rote, marmorartige Kalksteine, reich an *Terebratula diphya* (Fig. 456); Hauptverbreitungsgebiet: südtiroler und venetianer Alpen, vereinzelt auch in den österreichischen und bayerischen Alpen.



Fig. 456. *Terebratula diphya* Col.
a Gefäßeindrücke auf dem Steinkorne.



Fig. 457. *Ammonites* (*Phylloceras*)
ptychoicus Quenst.

*. Benecke. Trias u. Jura in den Südalpen. München 1866. — Neumayr. Abhandlungen d. k. k. geol. R. 1876. S. 429. 437; 1877. S. 140.

2. Stramberger Schichten, dickbankige, oft beinahe ungeschichtete, hellgefärbte Kalksteine, z. T. reich an Ammoniten, z. B. *Ammonites* (*Phylloceras*) *ptychoicus* Quenst. (Fig. 457), *Amm.* (*Perisphinctes*) *transitorius* Opp., *Terebratula janitor* und *Ellipsactinien*, an anderen Punkten mit vorwaltenden *Nerineen*. Verbreitet sind dieselben im Salzkammergut, in den Südalpen, in dem Klippengebiete der Karpathen, und gehen nach oben zu ganz allmählich in Ammonitenkalke der unteren Kreide über.

Der Purbeck. Während die Juraformation in den meisten ihrer Verbreitungsgebiete mit den Schichten des *Amm. gigas* oder mit dem an *Exogyra virgula* reichen oberen Kimmeridge abschließt, folgt auf diese marinen Ablagerungen im südöstlichen England und an den gegenüberliegenden Küsten Frankreichs, im nordwestlichen Deutschland sowie im Juragebirge eine z. B. am Deister bis 500 m mächtige brackische Schichtenreihe, welche mit dem Namen Purbeck belegt worden ist. Sie besteht in Deutschland (siehe Fig. 438) zu unterst aus dünnplattigen, z. T. aber auch dickbankigen und oolithischen Kalksteinen (Eimbeckhäuser Plattenkalk) voll *Corbula inflexa* Dunk., auf welche rote und grünlich graue Mergel (Münder Mergel) mit Gyps- und Steinsalzeinlagerungen, sowie mit *Corbula*, *Paludina* und *Cyclas* folgen. Sie wiederum werden von einem Kalkstein, dem *Serpulit*, überlagert, der von *Serpula coacervata* Blum. angefüllt ist und zum Teil fast allein aus den Röhren derselben besteht, zu denen sich noch einige *Cyrenen*- und *Corbula*-Arten gesellen. Wie die organischen Reste des deutschen Purbeck beweisen, ist dieser eine Brackwasserbildung.

In England besitzt die Schichtenreihe des Purbeck nur 53 m Mächtigkeit und besteht, abgesehen von einem Kalksteincomplexe marinen Ursprungs (mit *Ostrea*, *Pecten*, *Avicula*), ebenfalls aus Brackwasser- und Süßwassergebildenen. Es sind thonige graue Kalksteine und Mergel mit Arten von *Paludina*, *Planorbis*, *Limnaea*, *Melania*, *Cyclas*, *Cyrena*, *Corbula*, *Unio* und *Cypris*; namentlich letztere bedecken die Schichtungsflächen in ungeheueren Scharen. Dem mittleren Niveau des Purbeck gehört die nur wenige Zoll mächtige Schicht an, welche durch die zahlreichen Funde von eingeschwommenen Säugetierresten ein so großes paläontologisches Interesse erhalten hat. Vorzüglich sind es, wie bereits oben erwähnt, die Unterkiefer von pflanzen- und insectenfressenden Beuteltieren, die man

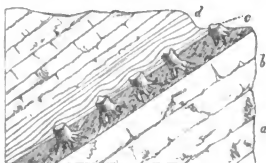


Fig. 458. Profil durch den untersten Purbeck auf der Insel Portland.
a Portland, marin; b Süßwassergebilde des unteren Purbeck; c Purbeck-Dammerde mit Coniferen; d Süßwassermergel.

dieser Schicht entnommen und *Bolodon*, *Plagiaulax*, *Triconodon* benannt hat. In dieser Schichtenreihe und zwar namentlich in ihrem tiefsten

Horizonte sind dunkelbraune bis schwarze Zwischenlagen von vorweltlicher Dammerde (dirt-beds) eingeschaltet, welche zahlreiche Überreste einer aus Coniferen und Cycadeen bestehenden Waldvegetation umschließen, deren Stämme oft noch aufrecht stehend angetroffen werden, während ihre Wurzeln tief in den Untergrund eingreifen und die abgebrochenen Stämme horizontal zwischen den stehen gebliebenen Strünken liegen (siehe Fig. 458).

Aus der Thatsache, dass die rein marinen Gebilde des norddeutschen Kimmeridge von einer Brackwasserformation, denn solches ist der Purbeck Hannovers, überlagert werden, ferner daraus, dass in England auf den dortigen marinen Portland eine Schichtenreihe von abwechselnden Brackwasser-, Meerwasser- und Süßwasserablagerungen, sowie Dammerde-, also Festlandsgebilden folgt, geht hervor, dass die beiden beschriebenen Territorien am Ende der Juraperiode eine von vielfachen Oscillationen unterbrochene Hebung erlitten haben, infolge deren sie zum flachen Küstenlande wurden. Andere und zwar die große Mehrzahl der jurassischen Ablagerungen blieben während dessen Meeresgrund, so dass der Absatz mariner Sedimente ungestört auf ihm seinen Fortgang nehmen konnte. Hier folgt also unmittelbar auf den marinen oberen Jura die ebenfalls marine unterste Kreide, welche auf den unterdessen zum sumpfigen Festlande gewordenen Purbeck-Arealen naturgemäß fehlt und durch eine Sumpf- und Süßwasserbildung, den eigentlichen Wealden, ersetzt wird.

Auf S. 600 findet sich die speciellere Gliederung des oberen Jura tabellarisch zusammengestellt, außerdem aber soll der deutschen Entwicklung dieser Formation eine etwas eingehendere Beschreibung gewidmet werden.

Speciellere Gliederung des oberen Jura in Schwaben und im nordwestlichen Deutschland. Auf die dunklen Thone des obersten braunen Jura folgen in Schwaben die hellgrauen Kalkmergel und Kalke des unteren weißen Jura. Derselbe ist von Quenstedt ebenso wie der Lias und der Dogger in 6 Stufen (α bis ζ) gegliedert worden, umfasst jedoch nur den Oxford und Kimmeridge, während das Tithon in Schwaben nicht mehr zur Ablagerung gelangt ist. Neuere Untersuchungen haben ergeben, dass dieser schwäbische weiße Jura in einer doppelten Faciesreihe, einer scharf geschichteten Ammonitenfacies und einer ungeschichteten Schwamm- oder Korallenfacies entwickelt ist. Unter Berücksichtigung dieser Thatsache und unter Beibehaltung der Quenstedt'schen Sechstheilung gliedert sich nach E. Fraas und Th. Engel der Malm Schwabens wie folgt (siehe Seite 601):

Gliederung und Parallelisierung des oberen Jura. Nach M. Neumayr.

	Nordwest-Deutschland.	Süd-Deutschland.	England.	Nordfrankreich.	Südfrankreich und Westschweiz.	Ostalpen.	Karpaten, Siebenbürgen.
Tithon.	Zone des Perisphinctes transitorius.	Purbecksschichten (Serpinit und Mergel der Mergel).	Purbeck.	Purbeckien.	Purbeckien.		Stramberger Schichten.
	Zone des Aspidoceras cyclosum.	Einberghäuser Plattenkalk oberer Portland.	Portland-Stone.	Portlandien supér.	Dolomite dienne, Portlandkalk.	Diphyalkalk, Korallenkalk d. Salzkammergutes.	Klippenbreccien von Rojoznik und Csor-szyn. Diphyalkale.
Kimmeridge.	Zone des Eudoxus.	Schichten mit Ophiostrophus glaucus, Schichten mit Eudoxus, Virgatus, Pteroceras-Schichten.	Portland-Sand, Kimmeridgeon, oberer Teil.	Portlandien moyen et infér. Virgatus, Pteroceras.	Calcaire à Eog. virgula, Calcaire à Pteroceras, Corallien de Vallin.	Obere Acanthicus-Schichten.	Obere Acanthicus-Schichten in Siebenbürgen.
	Zone der Opipella tennantii lobata.	Norina-Schichten, Schichten mit Terebratula humeralis, Tentaculatus-Schichten.	Kimmeridgeon, unterer Teil.	Asartien, Corallien supér.	Calcaire à Astarte, Calcaire à Periplocus.	Untertypische Acanthicus-Schichten, Ammonites rosso.	Typische Acanthicus-Schichten.
Oxford.	Zone des Pelloceras mammatum.	Korallen-Oolith.	Upper Calcareous Grith. Coral Rag.	Corallien infér.	Zone à Pelloceras bimastratum et baus à Dicerias.		
	Zone d. Pelloceras transvarium n. des Aspidoceras perarmatum.	Horner Schichten.	? Lower Calcareous Grith. Oxford Clay.	Marnes oxfordiennes.	Zone à Pelloceras transvarium et Cardiacordatum.	Schichten mit Pelloceras mammatum im Fischenal und an Gardasee.	Transversarius-Schichten von Neumayr in Siebenbürgen, Pelloceras in Kalk von Gellshewitz in Mähren.
Dogger.							

Kellaway.

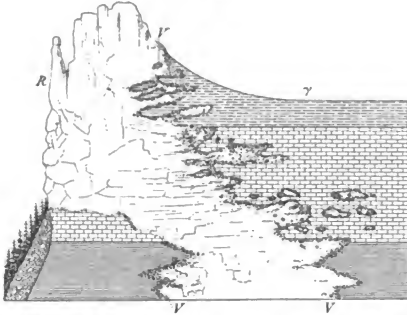


Fig. 159. Spongienriff im unteren weißen Jura der schwäbischen Alb. Von Eb. Fraas.
R = ungeschichteter, structurloser Spongienriffkalk; — *V* = Zone des Vorriffes; mit Thon vermengte Riffkalke voll organischer Reste, vielfach eingreifend als Putzen eingelagert in die geschichtete Facies; — *α*, *β*, *γ* = normale geschichtete Facies des unteren weißen Jura.

Welfser Jura ϵ und ζ .

Geschichtete Facies.

Dicke Kalkplatten Krebscherenplatten Qu., local oolithisch. Lithographische Schiefer von Nusplingen mit *Pterosauriern*, *Peneaus*, Fischen, *Aptychen*, *Pagurus suprajurensis*, *Astarte minima* Qu., *Trigonia suevica* Qu., *Venus suevica* Qu., *Amm. Ulmensis* Oppel. Cementschichten von Blaubäuren und Ehingen.

Oolithe von Schnaitheim, Stotzingen und Wipplingen mit Resten von *Dacosaurus maximus* Qu., *Gyrodus umbilicus* Ag., *Sphaerodus gigas* Ag., *Lepidotus* und *Pycnodus*; außerdem *Diceras speciosum* Münster und *Isoarca explicata* Röm. Daneben die sogenannten »wilden Portländer« oder Kalkplatten mit Korallen, dieselbe Fauna wie in den Nattheimer Schichten.

Welfser Jura δ .

Wohlgeschichtete Kalkbänke, ohne Thonlagen. Leitende Fossilien sind: *Amm. mutabilis* Qu., *A. pseudomutabilis* d'Orb., *A. inflatus* Rein., *A. bispinosus* Qu., *Prosopon marginatum* und *rostratum* Mey.

Riffacies.

Plumpe ungeschichtete Kalke, bald als Marmor, bald als »Zuckerkorn«, bald als Dolomit. »Lochfelsen« der Alb. Offenbar corallin. Bohnerz füllt oft die Spalten aus.

»Nattheimer Schichten«, Korallenkalke Schwabens. Meist sind die organ. Reste verkieselt. Es sind:

Isastraea helianthoides Gf., *Maendrina Sömmeringii* Gf., *Stylina tubulosa* Gf., *Styl. limbata* Gf., *Styl. micrommata* Qu., *Convexastraea sexradiata* Gf., *Placophyllia dianthus* Gf., *Thecosmilia trichotoma* Gf., *Montlivaultia obconica* Qu., *Thamnastraea microconos* Gf.

In diesen Riffen außer Korallen und Kieselpongien viel Kalkspongien, ferner außerordentlich zahlreiche Echiniden, Crinoiden und Brachiopoden; so *Cid. coronata* Qu., *Apiocrinus mespiliformis* Qu., *A. Milleri* Gf., *Solanocrinus costatus* Qu., *Rynch. inconstans* Sow., *Terebr. insignis* Schl., *Megerlea pectunculoides* Schl., sowie *Ostrea hastellata*, etc.

»Plumpe Felsenkalke« die großen Felsen bildend, welche am Nordwestabhange der Alb überall in die Augen springen.

Echte Schwammfacies mit Lithistiden. ferner mit *Rynchonella lacunosa* Qu., *Terebr. bisuffarcinata* Schl. und Echinodermen.

Weißer Jura γ .

Thonige Kalkbänke. Hauptsächlich mit: *Amm. polygyratus* Rein. (Kragenplanulaten Qu.), *A. polylocus* Rein., *A. anceps albus* Qu., *A. tenuilobatus* Op., *A. dentatus* Rein., *Aptychen*, *Disaster carinatus* Qu. und *Pseudomonotis similis* Gf., welche local ein ganzes Lager bildet.

Weißer Jura β .

>Wohlgeschichtete Kalkbänke<. Die wichtigsten Fossilien sind: *Amm. canaliculatus albus* Qu., *A. flexuosus nudus* und *costatus* Qu., *A. biplex rotundus* und *compressus* Qu., *A. lingulatus* Quenst., *A. bimammatus* Quenst.

Weißer Jura α .

Kalkbänke mit Thonschichten, reich insbesondere an *Terebratula impressa* Qu. (daher >Impressa-Schichten<); häufig sind außerdem: *Disaster granulosus* Münst., *Turbinolia impressa* Qu., *Asterias impressa* Qu., *Amm. alternans* Buch., *A. canaliculatus* Qu., *complanatus* Ziet., zahlreiche *Perisphincten* und *Oppelien*, *Belem. hastatus* Blainv. und *pressulus* Qu.

Die oberste Grenze dieses Complexes bildet an vielen Stellen eine Seetangschicht mit *Nulliporites Hechingensis* Qu.

Transversarius-Schichten; Kalke und dazwischen gelagerte Thonschichten. (*Amm. transversarius* Qu. sehr selten.)

Das Liegende dieser Schichten sind die Grenzبانke des obersten Braunen Jura mit *Lambertiknollen* und *Belemnites semihastatus rotundus* Qu.

Den oberen Jura der Umgegend von Hannover gliedert C. Struckmann auf Grund eigener Untersuchungen, sowie der Arbeiten Römer's, v. Seebach's und Heinrich Credner's wie folgt:

7. Purbeck.

b. Serpulit; Kalkstein mit Schieferthonen wechselnd, bis 50 m mächtig, voll *Serpula coarervata*. Die Glieder des Purbeck sind namentlich am Süntel, am Ith, an der Porta und bei preuß. Oldendorf, aber auch im Vororte Linden bei Hannover aufgeschlossen.

a. Münder Mergel, rote und grünliche Mergel mit Dolomit und Gyps, über 300 m mächtig; mit *Corbula*, *Paludina* und *Cyclas*.

6. Portland.

b. Einbeckhäuser Plattenkalk, oberer Portland, dünngeschichteter, z. T. auch dickbankiger Kalkstein, unten mit Lagen von Kalkmergel, 100 m mächtig, mit *Corbula inflexa*, *Corbula alata*, *Turritella minuta*.

Weißer Jura γ , β und α .

Schwammbildungen, bald nur nesterweise in den thonigen Kalken, bald als mächtige und ausgedehnte Riffe nebst Vorriffen mit vorwiegenden hexactinelliden Spongien (*Tremadictyon*, *Craticularia*, *Cypellia*, *Stauroderma*), ferner mit *Cidaris coronata* Gf., *Eugeniocrinus caryophyllatus* Gf., *Pentacr. cingulatus* Münst., *Rynch. lacunosa* Buch., *Terebratula bisuffarinata* Schl., *Megerlea pectunculus* Schl., *Megerlea loricata* Schl., nebst zahlreichen Ammoniten der äquivalenten geschichteten Facies.

a. Schichten des *Ammonites gigas*, unterer Portland, hellgelbliche, z. T. oolithische Kalke und Mergel mit *Amm. gigas*, *Corbula inflexa* u. a. = ζ Quenst.

5. Oberer Kimmeridge = ε Quenst.

Schichten der *Exogyra virgula*, dichte und oolithische Kalksteine, mit Kalkmergeln und Kalkthonen wechsellagernd, mit *Exogyra virgula*, *Cyprina Saussurei*, *Pholadomya multicostrata*, *Trigonia suprajurensis*, *Trig. verrucosa*, *Terebr. subsella*, aufgeschlossen z. B. bei Lauenstein am Ith, Kappenberg am Deister, Sülfeld, Porta, Kette des Wesergebirges, Limmer.

4. Mittlerer Kimmeridge.

Schichten des *Pteroceras Oceani*, oolithischer und dichter Kalkstein, bis 13 m mächtig, mit *Terebr. subsella*, *Exogyra bruntrutana*, *Exog. virgula*, *Gervillia tetragona*, *Corbis decussata*, *Nerinea pyramidalis*, *Ner. Gosae*, *Ner. bruntrutana*, *Pteroceras Oceani*.

3. Unterer Kimmeridge, Astartien, = δ und γ Quenst. = Séquanien supérieur Frankreichs.

Nerineenschichten und Zone der *Terebratula humeralis* Röm., außerdem u. a. *Terebr. bicanaliculata* Ziet., *Rhynchonella pinguis* Röm., *Natica globosa* Röm., *Nerinea tuberculosa* Röm., *Ner. reticulata* Crd., *Ostrea multiformis* Dkr., *Cyprina nuculaeformis* Röm., Schildkröten, Saurier, Fische.

2. Korallenoolith (Corallien) = β Quenst. = Séquanien inférieur Frankreichs.

b. Zone des *Pecten varians* Röm. und der *Nerinea Visurgis* Röm., außerdem u. a. mit *Phasianella striata* Sow. und *Cidaris florigemma* Phill.

a. Korallenbank und Zone der *Ostrea rastellaris*, mit *Cidaris florigemma* Phill., *Isastraea*, *Thamnastraea*, *Montlivaultia*, *Ostrea rastellaris* Münst., *Pecten subfibrosus* d'Orb., *Echinobrissus scutatus* Lam. u. a.

1. Oxfordschichten = α Quenst.

Hersumerschichten oder Perarmatenschichten mit *Ammonites perarmatus* Sow., *Amm. cordatus* Sow., *Belemnites hastatus* Montf., *Trigonia clavellata* Sow., *Gryphaea dilatata* Sow.

Klimatische Facies der Juraformation. Nach Neumayr*) prägen sich bereits innerhalb des Meeres der Jurazeit große Faunengebiete aus, welche als die Erde umspannende Zonen gürtelförmig vom Pol nach dem Äquator zu auf einander folgen und deren Unterschiede auf klimatischen Differenzen beruhen sollen. Neumayr hat diese von ihm als Klimazonen bezeichneten verschiedenartigen Facies der Juraformation als polare, als gemäßigte und als äquatoriale Zone unterschieden. Die Ablagerungsgebiete innerhalb dieser Zonen werden von ihm als Juraprovinzen bezeichnet.

1. Die äquatoriale (alpine oder mediterrane) Juraprovinz wird charakterisiert durch die außerordentliche Häufigkeit der Ammoniten-Gattungen *Simoceras*, *Haploceras*, *Phylloceras* und *Lytoceras*, sowie der *Terebratula diphyia* und *Rhynchonella controversa*. Hierher gehört der Jura der Alpen, Karpathen, Cevennen, Italiens, Siciliens, der Balkanhalbinsel, der Krim und des inneren Kaukasus, von Kleinasien, Madagaskar, Vorderindien, Mexiko und Peru.

* M. Neumayr. Denkschr. d. math.-nat. Cl. d. K. Acad. Wien. Bd. XLVII. 1883.

2. Die gemäßigte (mitteleuropäische) Juraprovinz wird charakterisiert durch die Häufigkeit der Ammoniten-Gattungen *Aspidoceras*, *Oppelia*, *Harpoceras* und *Peltoceras*, durch den Reichtum an Korallen und das starke Zurücktreten von *Phylloceras* und *Lytoceras*. Hierher gehören die Jura-Ablagerungen Deutschlands, Englands, des außeralpinen Frankreichs, des nordwestlichen Spaniens, Portugals, des nördlichen Kaukasus, des südlichen Russlands. Ebenso aber wie im Norden der Äquatorialzone, so schließt sich auch auf der südlichen Hemisphäre eine gemäßigte Juraprovinz an erstere an, welcher die jurassischen Ablagerungen von Chili, Bolivia und Argentinien angehören.

3. Die polare (boreale) Juraprovinz wird charakterisiert durch das Fehlen oder die Seltenheit der für die erstgenannten Provinzen typischen Ammoniten, wie der gesamten Riffkorallen, dahingegen durch starke Entwicklung von *Cardioceras* und der Aucellen. Hierher gehört der Jura des nördlichen Russlands, sowie Novaja Semljas, Sibiriens, von Alaska, Dakota, Spitzbergen und Grönland.

Neuerdings haben sich jedoch namentlich in Südamerika so beträchtliche Abweichungen von der beanspruchten zonalen Verteilung dieser Faciesgebiete ergeben (Chili mit mitteleuropäischem, das östlich angrenzende Argentinien mit äquatorialem Jura), dass es nicht mehr gerechtfertigt erscheint, diese faunistischen Differenzen ausschließlich auf zonale Klimaunterschiede zurück zu führen.

Geographische Verbreitung der Juraformation *). Die 3 Glieder der Juraformation sind in ihrer Verbreitung nicht derartig von einander abhängig, dass alle drei überall in Gemeinsamkeit auftreten, vielmehr fehlt der Lias und mit ihm der untere Dogger innerhalb ausgedehnter Ländercomplexe vollständig, so dass oberster Dogger und Malm oder letzterer allein direct auf weit älterem Grundgebirge auflagern, also vom Ablagerungsgebiete des unteren Jura aus beträchtlich über dessen Grenze hinaus übergreifen. So reicht der Lias vom westlichen Europa aus nicht weit nach Osten und fehlt bereits bei Regensburg, Passau, in Mähren, Oberschlesien und bei Krakau, ebenso aber auch im ganzen europäischen und asiatischen Russland, in Kleinasien, Indien, Sibirien, Spitzbergen und im nordwestlichen Nordamerika. Überall beginnt hier die marine jurassische Schichtenreihe mit dem obersten Dogger (Kelloway) oder gar erst mit dem Malm. Diese Erscheinung beweist, dass in der Mitte der Juraperiode eine weitreichende Überflutung der Continente durch das jurassische Meer, eine großartige Transgression stattgefunden hat.

Der mitteleuropäischen Juraprovinz, dem Ablagerungsareale der

*. Speciell und mit ausführlicher Litteratur in: M. Neumayr. Geogr. Verbreitung der Juraformation. Denkschr. d. math. Cl. d. kais. Acad. Wien. Bd. L. 1885.

nördlichen gemäßigten Jura-Zone, gehört der Jura des außeralpinen Deutschlands und Frankreichs, sowie Englands an.

In Deutschland besitzt die Juraformation drei größere Verbreitungsgebiete: das fränkisch-schwäbische, das des nordwestlichen Deutschlands und das von Oberschlesien.

In Franken und Schwaben bildet das Ausgehende des Jura einen weiten Bogen, dessen stärkste Krümmung in der Gegend von Regensburg liegt, indem sich sein südlicher Schenkel von Schaffhausen aus in nordöstlicher Richtung hinzieht, sein nördlicher hingegen etwa von Coburg aus nach Süd-Südost streicht. Ersterer wird wesentlich von der rauhen Alb, letzterer durch den fränkischen Jura repräsentiert. An der Zusammensetzung dieses Jura-Territoriums beteiligen sich Lias, Dogger und weißer Jura. Der Lias bildet ein flaches Hügelland (Fig. 460), welches sich wie ein Teppich

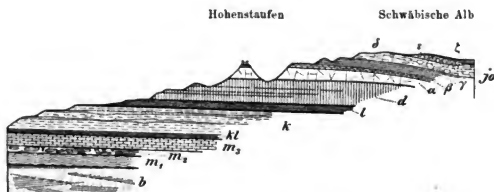


Fig. 460. Profil durch die Trias und den Jura Schwabens. *Eb. Fraas.*

b = Buntsandstein; — *m*₁, *m*₂, *m*₃ = unterer, mittlerer und oberer Muschelkalk; — *kl* = Lettenkohlen-gruppe; — *k* = Gypskeuper und Rhät; — *l* = schwarzer Jura (Lias); — *d* = brauner Jura (Dogger); — *jo*: *α*, *β*, *γ*, *δ*, *ε*, *ζ* = weißer Jura.

am Fuße des Gebirges ausbreitet und gewöhnlich von den Flusstälern so tief eingeschnitten wird, dass durch sie die Keuperschichten, welche seine Basis bilden, entblößt werden. Der Dogger tritt in einer weit schmäleren Zone in Form mehr oder minder steiler Abhänge am Fuße des aus weißem Jura bestehenden Berglandes hervor, welches sich in zum Teil gewaltigen schroffen Felswänden über diese Abhänge erhebt und auf seiner Höhe ein Hochplateau bildet, das sich allmählich nach Südosten hin absenkt. Der weiße Jura Frankens ist durch das Auftreten mächtiger Dolomite ausgezeichnet, in welchen sich die an Skeletten diluvialer Säugetiere reichen Höhlen von Muggendorf und Gailenreuth ausdehnen. Die niedrige Erhebung, welche den fränkischen Jura mit der rauhen Alb verbindet, ist das Terrain, auf welchem die berühmten Plattenkalke von Solenhofen und Pappenheim zur Ausbildung gelangt sind.

Die Schichtenreihe der norddeutschen Juraformation umfasst gleichfalls den Lias, Dogger und Malm und breitet sich in einer von West gegen Ost gerichteten Zone aus, welche sich von der Grenze Hollands bis in die

Gegend von Halberstadt erstreckt. In dem größten und zwar in dem nördlichen Teile dieses Verbreitungsgebietes des Jura sind dessen Schichten unter Diluvialbildungen verborgen; nur an seinem südlichen Rande treten sie in Form einer fast ununterbrochenen, von West nach Ost streichenden Zone zu Tage und bilden in ausgedehnten niedrigen Höhenzügen den südlichen Saum des norddeutschen Flachlandes. Der bedeutendste dieser jurassischen Bergrücken ist die Weserkette, welche dort, wo sie von der Weser durchbrochen wird, an der Porta Westfalica, eines der schönsten Profile durch den norddeutschen Jura bietet. Von hier aus wendet sich derselbe gegen Südost bis nach dem Süntel nördlich von Hameln und steht hier mit einer kleinen Seitenbucht, der Hilsmulde, in Verbindung, welche sich ununterbrochen bis in die Nähe von Eimbeck erstreckt und deren ursprüngliche weitere Fortsetzung gegen Süden durch die isolierten Schollen des Lias in der Gegend von Cassel, Volkmarsen, Eichenberg und Wabern in Hessen, sowie bei Göttingen, Eisenach, Gotha und Arnstadt*) angedeutet wird. Abgesehen von den inselförmig aus den jüngereren Formationen, namentlich dem Diluvium hervortretenden Partien des Jura bei Hannover, bildet diese Formation den Hauptbestandteil der Höhenzüge, welche sich von Hildesheim bis Goslar und Harzburg erstrecken. Weiter gegen Osten, also in dem hügeligen Landstriche nördlich und nordöstlich vom Harze, zwischen Braunschweig und Magdeburg erscheinen Schichten des Jura als zonenförmige Umgürtungen zahlreicher Inseln älterer, namentlich triadischer Formationen. Von den einzelnen Gliedern des Jura erheben sich die Gebilde des weißen Jura, und unter diesen die namentlich durch ihren oolithischen Charakter ausgezeichneten Kalksteine und felsbildenden Dolomite der Oxfordgruppe zu den erwähnten Höhenzügen, während an deren südlichen Abhängen die meist aus thonigen Gesteinen bestehenden Schichten des Lias und Doggers als schmale Säume zu Tage treten.

Das dritte deutsche jurassische Territorium ist das von Oberschlesien, welches einen Ausläufer des polnischen Juragebietes repräsentiert. Die polnisch-oberschlesische Jurabildung**) nimmt ein Areal von über 400 Quadratmeilen ein, welches freilich zum größten Teile von Diluvialablagerungen bedeckt ist. Sie setzt zunächst den gegen 45 Meilen langen und 4 bis 4 Meilen breiten Höhenzug zusammen, welcher von Krakau bis Czenstochau zusammenhängend sich forterstreckt und sich von da mit Unterbrechungen in nordwestlicher Richtung bis Wielun, ja selbst bis Kalisch aus dem

*) A. von Koenen. N. Jahrb. 1875. S. 659. — K. v. Fritsch. N. Jahrb. 1870. S. 385; Heinr. Credner. ebend. 1839. S. 384; 1842. S. 4; 1860. S. 293. — M. Bauer. Z. d. D. geol. Ges. 1879. S. 782, u. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1881. S. 28. — F. Moesta. ebend. 1883. S. 57. — J. G. Bornemann. ebend. S. 383. — F. Kuchenbuch. ebend. 1890. S. 74.

**) J. v. Simiradzki. Jahrb. d. k. k. geol. Ra. Wien 1889. S. 45.

Diluvium hervorhebt. Die Kalke dieses Höhenzuges gehören dem weißen Jura an und werden von den thonig-sandigen Schichten des Kelloway, also des oberen Doggers, unterteuft, welche im Südwesten der ersteren eine von Nordwest nach Südost streichende Zone bilden und direct auf den obersten Schichten des Keupers aufruben, während der Lias vollkommen fehlt. Die oberschlesisch-polnischen Juraablagerungen zeigen mit denjenigen Süddeutschlands und namentlich Württembergs eine so große Übereinstimmung in petrographischer und paläontologischer Hinsicht, dass daraus auf einen directen Zusammenhang der Meeresteile, in welchen die Ablagerungen beider Gegenden sich bildeten, geschlossen werden darf. Diese Verbindungsstraße hat durch das jetzige Elbthalgebirge nach Nordböhmen und von da durch Mähren in der Richtung auf Wien, Linz und Regensburg geführt.

Reste der Ablagerungen innerhalb dieses Kanales sind uns in den Jura-fetzen (Kelloway und Malm) der sächsisch-böhmischen Schweiz und der südlichen Lausitz erhalten, welche von dem über den Quader geschobenen Lausitzer Granit aus dem Liegenden in das Hangende des Quaders emporgeschleppt worden sind *).

Als äußerste Vorposten des norddeutschen Juragebietes stellen sich ziemlich zahlreiche isolierte Juravorkommnisse an den Odermündungen ein **). Es sind dies zwar zum größten Teil nur Schollen und Blöcke, die als größere oder kleinere Geschiebe dem Diluvium eingebettet sind (auf Gristow und Wollin) und noch weiter von Norden stammen, zum Teil aber auch anstehende Gesteinsmassen (bei Fritzow, Klemmen, Kammin), deren untere Niveaus dem Dogger, deren obere Horizonte dem weißen Jura angehören. Erstere haben eine große Ähnlichkeit mit dem oberschlesischen, letztere eine solche mit dem hannöverschen Jura und repräsentieren den oberen Oxford, sowie die Pteroceras-Schichten der Kimmeridge-Gruppe. Durch ein bei Kammin bis zu 300 m Tiefe niedergebrachtes Bohrloch wurde unter dem Dogger der Lias und zwar bis in den einige schwache Kohlenflötzen führenden mittleren Lias durchbohrt.

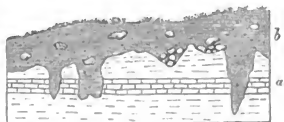


Fig. 461. Jurassische (Ober-Oxford-) Klippen *a* im Diluvium *b*, bei Klemmen in Pommern. (H. Crd.)

Auch bei Colberg in Pommern und bei Inowraclaw, sowie südlich von Thorn tritt oberer Jura isoliert im Bereiche des Diluviums auf.

*) G. Bruder. Denkschr. d. math.-nat. Cl. d. k. Acad. d. Wiss. Wien. Bd. I. 1885. S. 233; — Lotos Bd. VII. 1886. und VIII. 1887. — R. Beck. Erl. zu Sect. Königstein-Hohnstein, zu Sect. Sebnitz und zu Sect. Hinterhermsdorf.

**) A. Sadebeck. Z. d. D. geol. Ges. 1865. S. 651. — W. Deecke. Die mesoz. Format. d. Prov. Pommern. Greifsw. 1894. S. 2.

Ebenso steht in der Gegend von Stralsund unweit Grimmen Jura an. Nach Berendt*) besteht derselbe aus hellblauen Thonen mit flachkugeligen Kalksteinconcretionen, welche Ammoniten aus der Gruppe der Falciferen (Harpoceras) und zwar solche des obersten Lias und des unteren Doggers führen. Der Jura von Grimmen repräsentiert somit eine Grenzbildung dieser beiden Formationen. Auch bei Dobbartin in Mecklenburg sind anstehende Schichten des mittleren Lias mit Ammonites (Amaltheus) coronatus Quenst. und des obersten Lias aufgeschlossen worden, letzterer bestehend aus Posidonienschiefer und Thon mit Kalkconcretionen, welche sich durch ihren Reichtum an wohl erhaltenen Insectenresten auszeichnen**). Endlich wurde in Hermsdorf bei Berlin der mittlere Lias mit Amm. (Amaltheus) margaritatus d'Orb. in mehr als 90 m Mächtigkeit durchbohrt***).

In England setzen die Schichten des Jura eine breite Zone zusammen, welche sich von Portland und Lyme Regis an der Küste des Kanales in fast genau nördlicher Richtung über Bath, Oxford und Lincoln erstreckt, bis sie bei Whitby nördlich von der Trentmündung die Ostküste erreicht. Alle drei Hauptabteilungen der Formation sind hier und zwar in mitteleuropäischer Facies entwickelt. Ihre Lagerung ist im allgemeinen eine sehr einfache, indem die Schichten des gesamten Systems flach nach Osten einfallen, so dass an dem Westrande der Jurazone die untersten, weiter östlich die jüngeren Glieder des Jura zu Tage ausgehen; erstere lagern gleichförmig auf dem oberen Keuper auf, letztere werden von der Kreide überlagert. In Schottland sind jurassische Schichten auf die Ost- und Westküste, sowie auf die der letzteren vorliegenden Inseln beschränkt, wo sie einzelne von vulkanischen Decken beschirmte Schollen bilden.

In Frankreich tritt die Juraformation, ebenfalls vertreten durch Lias, Dogger und Malm, in zwei ringförmigen Zonen an die Oberfläche, deren südliche ziemlich vollständig geschlossen ist, während die nördliche gegen den Kanal hin weit geöffnet ist und augenscheinlich mit dem englischen Jura in Verbindung gestanden hat. Der südliche Ring umgürtet das granitische Centralplateau Frankreichs, auf dessen Rändern die jurassischen Schichten aufgelagert sind und von welchen sie allseitig abfallen, so dass der Lias eine innere Zone bildet, der Dogger und weiße Jura mehr nach außen hin auftreten. Der nördliche Juraring verhält sich gerade umgekehrt, indem alle Schichten nach innen einfallen, also ein flaches Becken bilden, dessen ältere Glieder in der äußeren Umgrenzung, dessen jüngste Schichten

*) Z. d. D. geol. Ges. 1874. S. 823.

**) Eug. Geinitz. ebend. 1880. S. 540; ebend. 1884. S. 566; N. Jahrb. 1892. I. S. 166; die Flötzformationen Mecklenburgs. Güstrow 1883. S. 27; IX. Beitr. z. Geol. Mecklenburgs. 1887, und XIII. Beitr. 1892.

*** G. Berendt u. W. Dames. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1890. S. 83.

mehr nach innen liegen, während das Centrum desselben von Kreide und Tertiärbildungen ausgefüllt ist. Dem östlichen Flügel dieses großen Beckens gehören die jurassischen Ablagerungen von Deutsch-Lothringen, namentlich die Landstriche zwischen Metz und Diedenhofen an.

Von Schwaben aus setzt sich die mitteleuropäisch ausgebildete Juraformation in südwestlicher Richtung, also in der Verlängerung der Rauhen Alb über den Rhein in schweizerisches Gebiet fort und bildet hier das Jura-gebirge, welches von Basel bis Genf reicht und aus einer Anzahl von Parallelketten besteht. Diese verdanken ihren Ursprung einer Faltung der jurassischen Schichten (siehe Fig. 49, S. 173), infolge deren mehr oder weniger steile, langgezogene, zum Teil auf ihrer obersten Wölbung aus einander geborstene Sättel, ja vollständige Überkippungen, verbunden mit Verwerfungen und Überschiebungen (siehe Fig. 129, S. 333), entstanden. Von dem Territorium des schweizer und schwäbischen Jura zog sich eine jetzt zum größten Teil zerstörte Zone jurassischer Ablagerungen in nördlicher und nordwestlicher Richtung nach den jetzigen Vogesen und dem Schwarzwald; die kleinen, isolierten Jurapartien von Langenbrücken, Wiesloch, Freiburg und Kandern auf dem rechten Ufer des Rheines und von Buxweiler, Rappoltweiler und Rauffach im Elsass sind durch Brüche der rheinischen Grabenversenkung (vergl. Fig. 366 auf S. 545) geschützt und erhalten gebliebene Überreste derselben.

Einen nicht unbeträchtlichen Anteil nimmt die Juraformation und zwar in ihrer typischen **äquatorialen** (mediterranen), durch den Reichtum an *Phylloceras*, *Lytoceras*, *Haploceras* und *Simoceras* gekennzeichneten Facies an dem Aufbau der Kalkalpen, indem sie sich in Form eines bald schmälern, bald breiteren Bandes um den Süd-, West- und Nordrand der Alpenkette schlingt. Die Lagerungsverhältnisse des alpinen Jura sind durch wiederholte Knickungen, Zerreißungen, Überkippungen und Verwerfungen der Schichten sehr verwirrt (siehe Fig. 48, S. 173). Dadurch, sowie durch einen oft auftretenden Metamorphismus des Gesteinsmaterials, ferner durch die Existenz von einander abweichender Localfaunen, endlich durch die Lückenhaftigkeit der jurassischen Ablagerungen wird das Studium der letzteren sehr erschwert, doch sind Vertreter aller drei Hauptabteilungen des Jura nachgewiesen (s. S. 578, 587 u. 597, sowie die Tabelle auf S. 600). Eine eigentümliche Facies des oberen weißen Jura sind die roten und weißen Kalke mit *Terebratula diphyia* und die Schiefer mit zahlreichen *Aptychus*-Arten, welche zur tithonischen Etage gehören und typisch bei Trient in Tirol entwickelt sind (siehe S. 597).

In den Karpathenländern tritt die hier ebenfalls äquatoriale Juraformation meist nur in kleineren Partien zu Tage, indem sie hier in Form zahlreicher isolierter Klippen aus der Bedeckung von Karpathensandstein hervorragt. Solche Klippen (siehe Fig. 462) erscheinen teilweise ganz ver-

einzel, häufiger aber sind sie in größerer Zahl zu Gruppen vereinigt, welche oft weit ausgedehnte Züge bilden. So besteht der westkarpathische Klippen-

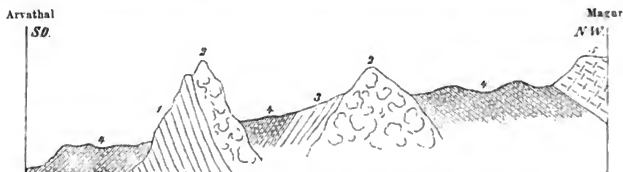


Fig. 462. Jura-Klippen des Lutowa-Thales. Nach Paul.

- | | | |
|---------------------------------|-----------------------|--|
| 5 Oberer | } Karpathensandstein. | 2 Roter, knolliger Ammonitenkalk (Tithon). |
| 4 Mittlerer | | 1 Roter Crinoidenkalk (Dogger). |
| 3 Schiefer und Mergel (Neocom). | | |

zug zwischen Neumarkt und Siebenlinden nach Stache und Neumayr bei einer Breite von 2 km und einer Länge von 100 km aus über 2000 einzelnen Klippen*).

In Russland gewinnen Kelloway, Oxford, Kimmeridge und Tithon und zwar in borealer Facies innerhalb der weiten Strecken von Polen bis Orenburg und von Kiew bis zur Petschora eine ansehnliche Verbreitung, während Lias und der größte Teil des Doggers fehlen. Beide erstgenannte Stufen zeigen zwar noch eine sehr große Übereinstimmung mit denen Mittel- und Westeuropas, in den höheren Horizonten hingegen greift eine vollständige faunistische Abweichung Platz. Diese Wolga-Stufen**) werden durch die formen- und individuenreiche Muschelgattung *Aucella* gekennzeichnet. Die unteren führen *Amm. (Perisphinctes) virgatus* und *catenulatus* und sind Äquivalente des Portlands und Purbeck, während die oberen bereits Äquivalente der unteren Kreide sind. Im südlichsten Russland und am Nordabfall des Kaukasus hingegen besitzen die jurassischen Gebilde einen ausgesprochenen mediterranen Habitus.

In Nordamerika beansprucht man für die versteinungsleeren oberen Horizonte des neuen roten Sandsteines jurassisches Alter (?), auch die krystallinischen Schiefer, in welchen die goldführenden Gänge Californiens aufsetzen, sollen dieser Formation angehören. Mit Sicherheit ist dieselbe jedoch nur in der Sierra Nevada (mit *Ammonites Nevadanus*) und am Ostabfalle der Rocky Mountains (Black Hills, Laramie Mts.) sowie auf

* Neumayr. Der penninische Klippenzug. Jahrb. d. k. k. Reichsanst. Wien. Bd. XXI. S. 454.

**) S. Nikitin. N. Jahrb. 1886. II. S. 205; — 1889. II. S. 446. — M. Neumayr. ebend. 1887. I. S. 70 u. Erdgeschichte II. 1887. S. 309. — A. Pavlow. Couches jurassiques et crétacées de la Russie. I. Moskau 1889. — N. Jahrb. 1893. I. S. 351. — Quart. Journ. geol. Soc. London. 1896. S. 542.

Alaska nachgewiesen. Es sind graue oder weißliche mergelige Kalksteine, welche 300 m Mächtigkeit erreichen und *Pentacrinus*-, *Ammonites*- (*Cardioceras*-), *Belemnites*- und *Trigonia*-Arten führen, die z. T. auf die boreale Entwicklung der dortigen Juraformation hinweisen. Von Marsh werden die *Atlantosaurus*-Beds in Colorado zum obersten Jura gerechnet. Dieselben zeichnen sich außer durch ihre Führung von Beuteltierresten (*Allodon*, *Ctenacodon*, *Triconodon*, *Docodon*) durch ihren Reichtum an z. T. riesigen Dinosauriern aus. Hierher gehört *Atlantosaurus* (über 30 m lang und 10 m hoch), das colossalste aller bekannten Tiere, ferner *Brontosaurus* (Fig. 436 S. 591; 15—18 m lang mit winzig kleinem Schädel), sowie *Ceratopsaurus* und *Stegosaurus*, letzterer auf Hals, Rücken und Schwanz mit hohen verticalen Knochenplatten.

Überraschend ist die Ähnlichkeit der jurassischen Fauna von Chili und Bolivia mit derjenigen Mitteleuropas (Gottsche, Steinmann, Möricke), während der Jura der zwischen ihnen und Californien gelegenen Länder (Guatemala und Peru), aber auch derjenige des östlich an Chili angrenzenden Argentinien (Bodenbender, Behrendsen) alpinen, also sog. äquatorialen Habitus aufweist.

Die Kreideformation.

Quaderformation, Cretaceische Formation, Procänformation.

Allgemeinere Hauptliteratur

über die deutsche Kreide:

- A. v. Strombeck. Gliederung des Pläner im nordw. Deutschland. N. Jahrb. 1857. S. 785. — Über den Gault im nordw. Deutschland. Z. d. D. geol. Ges. 1861. S. 20; 1890. S. 557. — Über die Kreide von Lüneburg, ebend. 1863. S. 97.
- F. Römer. Die Kreidebildungen Westfalens. Z. d. D. geol. Ges. 1854. S. 99. — Über die geogn. Zusammensetz. d. Teutoburger Waldes etc. N. Jahrb. 1850. S. 385.
- H. v. Dechen. Geol. u. pal. Übers. d. Rheinprovinz und der Provinz Westfalen. Bonn 1884. S. 405—500.
- H. B. Geinitz. Das Elbthalgebirge in Sachsen. Kassel 1874 u. f. J.
- A. Fritsch. Studien im Geb. d. böhmischen Kreideformat. Archiv d. naturw. Landesdurchf. Prag. Bd. IV. No. 4; Bd. V. No. 2; Bd. VII. No. 2; Bd. IX. No. 4.
- Fr. d. Römer. Geologie v. Oberschlesien. Breslau 1870. S. 277—358.
- C. W. Gümbel. Geogn. Beschr. des bayer. Alpengebirges. Gotha 1858—61. S. 517 bis 579.

Außerdem zahlreiche monographische, meist weiter hinten citierte Abhandlungen von Schlüter, sowie von Beyrich, Böhm, Brauns, Credner, Dames, Ewald, Frech, Geinitz, Göppert, Gümbel, Kunth, G. Müller, Römer, Schlönbach, Stolley und Anderen.

über die Wealdenformation:

- W. Dunker u. H. v. Meyer. Die norddeutsche Wälderbildung. Braunschweig 1846.
 Heintr. Credner. Über die Gliederung der ob. Juraf. und der Wealdenbildung im nordwestl. Deutschland. Prag 1863.
 A. Schenk. Die fossile Flora der nordwestdeutschen Wealdenformation. Kassel 1871.
 C. Struckmann. Die Wealdenbildungen der Umgegend von Hannover. Hannover 1880.
 — Ders. Grenzsichten zwischen Hilsthon u. Wealden. Jahrb. d. k. pr. geol. La. Berlin 1889. S. 55. — Ders. Wealdenbildungen von Sehnde. N. Jahrb. 1891. I. 117.
 H. Grabbe. Die Schaumburg-Lippe'sche Wealden-Mulde. Göttingen 1883.

Petrographischer Charakter. Kaum irgend ein anderes Schichtensystem besitzt einen so wechselnden und mannigfaltigen petrographischen Charakter, wie die Kreideformation in ihren verschiedenen Verbreitungsgebieten. In der einen Gegend besteht sie aus weißer Schreibkreide und Grünsanden, in einer anderen fast ausschließlich aus Sandsteinen und in einer dritten aus mergeligen Kalksteinen, kalkigen Mergeln und plastischen Thonen. Die Unbeständigkeit des Gesteinscharakters dieser Formation hatte die Verschiedenartigkeit ihrer Bezeichnungsweise zur Folge. Kreideformation nannte man sie, weil in England und Nordfrankreich, wo man sie zuerst erkannt und studiert hatte, die weiße Schreibkreide als eins der wesentlichen und charakteristischen Glieder hervorrangt, — Grünsandformation, weil in eben jenen Gegenden, sowie in Westfalen und Nordamerika, glaukonitische Mergel eine wesentliche Rolle in ihrer Zusammensetzung spielen, — und endlich Quaderformation, weil sie in Sachsen, Böhmen und Schlesien vorwaltend aus Quadersandsteinen gebildet wird. Bei so wechselndem petrographischem Charakter der unter diesen Namen verstandenen Formation sind es allein ihre organischen Reste, welche die Identifizierung und Parallelisierung der hierher gehörigen Schichtenreihen ermöglichen (S. 361).

Von den verschiedenen Gesteinsarten, welche an dem Aufbau der Kreideformation in ihren verschiedenen Verbreitungsgebieten teilnehmen, sind folgende hervorzuheben: die Quadersandsteine haben unstreitig in vielen Gebieten das vorwaltende Material der hierher gehörigen Schichtenreihe geliefert. Sie sind bald fein-, bald grobkörnig, zuweilen krystallinisch, gehen mitunter, und zwar namentlich nach ihrer Basis zu, in grobe Conglomerate über und besitzen ein bald thoniges, bald kieseliges, auch wohl eisenschüssiges Bindemittel. Zuweilen fehlt letzteres vollständig, so dass, wie z. B. bei Freiberg, in Belgien, bei Aachen, namentlich aber in New-Jersey in Nordamerika, lose Quarzsande und -kiese entstehen, welche mächtige Ablagerungen bilden können. Eine ganz eigentümliche Varietät des Sandsteines sind die Grünsandsteine oder glaukonitischen Sandsteine, welche ihren Namen von den eingestreuten Glaukonitkörnern und ihrer dadurch bedingten grünen Färbung erhalten haben. Die Schichtung der Kreidesandsteine ist oft eine sehr weilläufige, und da sich zu ihr häufig

eine verticale Zerklüftung gesellt, so entstehen quaderförmige oder pfeilerartige Absonderungen, daher der Name Quadersandstein. Nächst ihnen spielen mergelige Kalksteine und Mergel die wichtigste Rolle in der Kreideformation. Sie sind meist grau oder gelblich weiß, gewöhnlich dünnschichtig und zum Teil so reich an grünen Glaukonitkörnern, dass man sie als Glaukonitmergel bezeichnet. Außer diesen letzteren gehört der Pläner zu den wichtigsten Varietäten der cretacäischen kalkig-mergeligen Gesteinsreihe. Er ist ein lichtgrauer, mehr oder weniger thoniger, oft glaukonitischer Kalkstein mit feinerdigem Bruch. Ferner der Kreidemergel, ein weißer oder hellgrauer, feinerdiger und weicher, oft glaukonitischer Mergel, — der Flammenmergel, ein grauer, von dunklen Streifen und Flammen durchzogener, quarzsandreicher, schieferiger Mergel. An die mergeligen Kalksteine schließen sich reine, zum großen Teile dichte Kalksteine und endlich die verschiedenen Varietäten der Schreibkreide an, deren Hauptmaterial aus feinen, erdigen Moleculen von kohlensaurem Kalk und mikroskopisch kleinen Foraminiferen besteht. Die weiße Schreibkreide gehört dort, wo sie überhaupt auftritt, einer der oberen Stufen der Kreideformation (Turon und Senon) an. Bei Mastricht auf der belgisch-holländischen Grenze wird dieselbe von einem lockeren und zerreiblichen Kalkgebilde überlagert, welches fast ausschließlich aus Fragmenten und feinem Schutt von Bryozoën, Foraminiferen, Echinodermen und Mollusken besteht und Kreidetuff genannt wird. In Dänemark tritt als oberstes Glied der Kreideformation eine wesentlich aus Korallenfragmenten zusammengesetzte Kreidebildung (Korallenkreide) auf. Die weiße Schreibkreide ist das Muttergestein der Feuersteine, welche in lagenweise geordneten, isolierten, bizarr geformten Knollen die oft außerordentlich gewundene Schichtung der Kreide andeuten und wie schwarze Perlschnuren auf dem weißen Grunde hervortreten, sich jedoch auch in Form zusammenhängender Lagen und Schichten einstellen.

Neben den sandigen und kalkigen Gebilden der cretacäischen Formation gewinnen auch Thone und Schieferthone eine größere Bedeutung, und zwar nicht allein ihrer bedeutenden Mächtigkeit wegen, sondern namentlich durch ihren Reichtum an wohlerhaltenen organischen Resten. Gewisse Schichtencomplexe und zwar vorzüglich der unteren Kreideformation (Wealdenton, Hilsthon, Gault), bestehen fast ausschließlich aus derartigen Gesteinen. Wie die Sandsteine, Kalksteine und Mergel, sind auch sie sehr häufig glaukonitisch. Die glaukonitischen Gesteine der Kreide, namentlich der Glaukonitmergel, erhalten nicht selten einen hohen technischen Wert durch ihre Verwendbarkeit als ausgezeichnetes Düngemittel. Dies ist namentlich in New-Jersey der Fall, wo neben 6 bis 7 Procent Kali haltendem Glaukonit nadelkopfgroße Körnchen von phosphorsaurem Kalk, sowie staubartige Teilchen von Vivianit in der feinerdigen kalkigen Mergelgrund-

masse auftreten, so dass die große Düngkraft dieser Glaukonitmergel auf ihrem Kali- und Phosphor- und kohlensauern Kalkgehalte beruht.

Unter den übrigen, ihrer Mächtigkeit nach untergeordneten, aber technisch nutzbaren Formationsgliedern der Kreide sind Steinkohlen und Eisenerze hervorzuheben. Erstere gewinnen, wenn man von einigen unbedeutenden Vorkommen bei Niederschöna in Sachsen (Cenoman), am Altenberg bei Quedlinburg (Senon), sowie Wenig-Rackwitz und Ottendorf in Schlesien absieht, namentlich als sogenannte Wealdenkohle für den Nordwesten Deutschlands Wichtigkeit, wo dieselben am Deister, Osterwald, in Bückeburg und Schaumburg das Object eines ausgedehnten Bergbaues sind. Die meisten dieser Kohlen zeigen die Eigenschaften einer echten bituminösen Steinkohle, sind jedoch nicht wie die der paläozoischen productiven Steinkohlenformation aus der Vermoderung von Sigillarien, Lepidodendren und Calamiten, sondern aus der von Coniferen und Cycadeen hervorgegangen. Abbauwürdige Eisenerze der deutschen Kreideformation sind z. B. bei Peine in Hannover bekannt, wo zusammengeschwemmte, dem mittleren Gault entstammende, nuss- bis faustgroße Geschiebe von Brauneisenstein, die durch feineren Schutt desselben Erzes verbunden sind, eine der obersten Kreide angehörige, 4—5 m mächtige Lagerstätte bilden. Ganz ähnlich ist das Eisensteinvorkommen von Salzgitter, nur gehört es dem untersten Niveau der Kreide, dem Neocom, an und besitzt 40—30 m Mächtigkeit. Es besteht aus erbsen- bis nussgroßen Kügelchen nebst größeren scharfkantigen und eckigen Stücken von Brauneisenerz. Dieselben stammen, wie die zahlreich zwischen ihnen vorkommenden abgeriebenen und gerollten jurassischen Versteinerungen beweisen, von den Sphärosideritnieren des Lias und Doggers ab, welche durch das Neocom-Meer zusammengeschwemmt und durch gegenseitige Reibung zerkleinert und abgerundet wurden. Auch an anderen Localitäten (so namentlich am Nordabfalle der Karpathen) umschließt die unterste Kreide zusammenhängende Flütze oder lagenweise neben einander liegende Concretionen von Brauneisenstein. Phosphoritknollen finden sich in sämtlichen Unterabteilungen der Kreideformation, z. B. des Hügellandes am nördlichen Harzrande (Halberstadt-Peine-Braunschweig), sowie in der russisch-baltischen Kreidezone, auf primärer und secundärer Lagerstätte *).

Paläontologischer Charakter der Kreide. An vegetabilischen Überresten ist die Kreideformation als eine größtenteils marine Bildung im allgemeinen arm, nur einige wenige Horizonte des gesamten Schichtensystemes und einzelne seiner Verbreitungsgebiete sind reich an Pflanzenresten. Nach diesen zu urteilen, schloss sich der Gesamtcharakter der cretactischen Flora

*) H. Crd. Die Phosphoritknollen etc. Abh. d. kgl. Sächs. Ges. d. Wiss. XXII. No. 1. Leipzig, 1895.

während der ersten Hälfte der Kreideperiode innig an den der jurassischen an. Es sind dieselben Geschlechter der Farne, Cycadeen und Coniferen, welche aus dem Jura, ja bereits aus dem Rhät bekannt sind. Zu ihnen gesellen sich jedoch sowohl in Südeuropa (Portugal), wie auch, und zwar namentlich, auf dem nordamerikanischen Continente (hier in der dem Neocom und Gault entsprechenden Potomac-Gruppe) bereits zahlreiche Gattungen und Arten von Laubhölzern, so *Sassafras*, *Ficus*, *Quercus*, *Salix*, *Populus*, *Laurus* u. a., ferner eine Anzahl ausgestorbener, aber an heute lebende Geschlechter erinnernder, noch wenig scharf ausgeprägter Formen. Fast überall in der alten Welt hingegen erscheinen Laubhölzer erst in der oberen Kreide (im Cenoman) und zwar mit den Blättern von *Credneria* (Fig. 463), *Salix*, *Acer*, *Quercus*, *Ficus*, *Laprus*, *Sassafras*, *Magnolia* u. a., während zugleich die Farne sparsam werden und Cycadeen und die rein tropischen Formen der Coniferen mehr und mehr zurücktreten. Berühmte Fundorte von Angiospermen innerhalb der europäischen oberen Kreide sind Haldern und Legden in Westfalen, Niederschöna in Sachsen, Perutz u. a. O. in Böhmen, Kieslingswalde in Schlesien, Blankenburg und Quedlinburg am Harz, Aachen in Rheinpreußen.

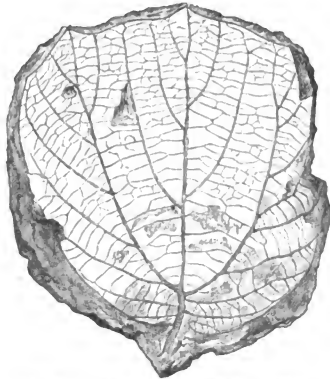


Fig. 463. *Credneria triacuminata* Hampe.
Obere Kreide.

Es wurde oben betont, dass die Kreideformation wenigstens innerhalb Europas eine fast ausschließlich marine Bildung sei; wie jedoch später eingehender gezeigt werden wird, ist der normale marine Schichtencomplex der Kreideformation nicht in allen Verbreitungsgebieten derselben zur Ausbildung gelangt, vielmehr wird ihr unterster Horizont in verschiedenen Gegenden durch eine Sumpf- und Brackwasserbildung, die Wealdenformation, ersetzt. Die Einleitung zu einer solchen erblickt man bereits in den Hebungen, die sich local am Ende der Jurazeit auf dem jurassischen Meeresgrunde bethätigten, und durch welche die Brackwasserbildungen des Purbeck (siehe S. 598) bedingt wurden. Infolge dieser Niveauveränderungen wurde das mit Purbeckablagerungen bedeckte Areal zu einem morastigen, lagunenreichen Küstenstriche gehoben und erzeugte auf diesem eine üppige Flora von Cycadeen, Coniferen und Farnen, welche das Material

der Wealdenkohle lieferten, und deren wohlerhaltene Reste uns in den die Flütze begleitenden Schieferthonen überliefert worden sind, genau wie es in der productiven Steinkohlenformation der Fall ist (siehe S. 478). Bei Besprechung der Wealdenflora wird gezeigt werden, dass sie sich eng an die des Jura anschließt.

Die Hauptmomente der Entwicklung des tierischen Lebens im Verlaufe der Kreideformation sind folgende. Die Foraminiferen erscheinen in enormer Anzahl, nehmen einen wesentlichen Anteil an der Zusammensetzung der weißen Schreibkreide und sind überhaupt in den obersten Niveaus der Formation sehr häufig. Die Glaukonitkörner, welche manche Sandsteine, Mergel und Kalksteinschichten ganz ausfüllen, sind zum Teil nichts als die Steinkerne von Foraminiferen. Neben einer Unzahl mikroskopischer Formen fallen zahlreiche Vertreter der Geschlechter *Textularia*, *Fronicularia*, *Nodosaria*, *Siderolithes*, *Orbitulina* durch die Zierlichkeit ihres Baues ins Auge. Daneben erscheinen *Globigerina*, *Orbitoides*, *Miliola*, *Nonionina* und *Operculina*. Die Spongien erhalten einen noch größeren Formenreichtum wie die der Jurazeit. Vorzüglich besitzen die Hexactinelliden und Lithistiden in der oberen Kreideformation Repräsentanten von außerordentlich zierlicher und gefälliger Gestalt, so namentlich das schirmartige *Coeloptychium*, ferner *Ventriculites*, *Coscinopora*, *Siphonia*, *Jerea* u. a. Die Korallen kommen verhältnismäßig weniger zur Geltung als im Jura; ausgedehnte Korallenriffe und -bänke, wie sie für diese Formation bezeichnend sind, sind auf die oberste Stufe der dänischen Kreide (Korallenkalke von Faxø) und auf die alpinen Gebiete beschränkt. Die vorkommenden Arten gehören vorzüglich den Geschlechtern *Cyclolites*, *Micrabacia*, *Trochomilia*, *Heterocoenia*, *Astrocoenia*, *Latimacra*, *Calamophyllia*, *Thamnastraea*, *Cladocora*, *Heliopora* u. a. an. Die Echiniden erreichen in der Kreide das Maximum ihrer Entwicklung durch eine sehr reichhaltige Entfaltung ihrer Genera, Species und Individuen, namentlich der bilateral-symmetrischen Seeigel und unter diesen vorzüglich der Holasteriden und Spatangiden. Die Gattungen *Ananchytes*, *Galerites*, *Discoidea*, *Holaster*, *Epiaster*, *Hemiasper*, *Micraster* und *Toxaster*, ferner die regulären *Salenia*, *Cidaris*, *Pseudodiadema* und *Cyphosoma* gehören zu den charakteristischsten Formen. Unter den Crinoiden besitzt *Marsupites* für die obere Kreide besondere Bedeutung.

Die Brachiopoden sind noch durch so zahlreiche Formen in der Kreide vertreten, dass sich beim Vergleiche derselben mit denen des Jura eine Abnahme ihrer Zahl kaum wahrnehmen lässt. Ihre Gattung *Rhynchonella* produziert ebenso zahlreiche wie riesige Arten, die von einer Schar Varietäten umgeben sind; *Terebratula*, *Terebratella*, *Magas*, *Megerlea*, *Lyra*, *Trigonosemus*, *Crania*, *Thecidea* besitzen ebenfalls größere Häufigkeit. Die korallenähnlichen Stücke der Bryozoen liefern einen staunenswerten Reichtum an Formen und spielen dadurch eine besonders wichtige Rolle,

dass sie in manchen Niveaus der Kreide (Kreidetuff von Mastricht und New-Jersey) das fast ausschließliche Schichtenmaterial geliefert haben. Von den Zweischalern liefern neben *Ostrea* sowohl *Exogyra* wie *Gryphaea* eine Anzahl Leitfossilien; ähnliches gilt von *Pecten* und *Trigonia*. Zu den wichtigsten Kreidezweischalern aber gehören die zahlreichen Arten von *Inoceramus*, über deren Verbreitung in den einzelnen Stufen der nord-deutschen Kreide C. Schlüter*) nachstehende tabellarische Übersicht

Art der Inoceramen	Neocom	Gault	Cenoman	Turon	Eocäer Mergel	Quadraten- kreide	Macronaten- kreide
<i>In. Ewaldi</i> Schlut.	—	+					
<i>In. concentricus</i> Park. . . .	—	+					
<i>In. sulcatus</i> Park.	—	+					
<i>In. orbicularis</i> Münst. . . .	—	—	+				
<i>In. virgatus</i> Schlüt.	—	—	+				
<i>In. labiatus</i> Schloth.	—	—	—	+			
<i>In. Brongniarti</i> Sow.	—	—	—	+			
<i>In. inaequalis</i> Schlut. . . .	—	—	—	+			
<i>In. latus</i> Sow.	—	—	—	+			
<i>In. cuneatus</i> d'Orb.	—	—	—	+			
<i>In. undulatus</i> Mant.	—	—	—	+			
<i>In. Cuvieri</i> Sow.	—	—	—	+	+		
<i>In. involutus</i> Sow.	—	—	—	—	+		
<i>In. digitatus</i> Sow.	—	—	—	—	+		
<i>In. radians</i> Schlüt.	—	—	—	—	+		
<i>In. gibbosus</i> Schlüt.	—	—	—	—	+		
<i>In. cardissoides</i> Goldf. . . .	—	—	—	—	—	+	
<i>In. lobatus</i> Münst.	—	—	—	—	—	+	
<i>In. Crispii</i> Mant.	—	—	—	—	—	+	+

giebt. Höchst charakteristisch sind ferner für die Kreide die Hippuriten oder Rudisten und ihre Verwandten (*Hippurites*, *Sphaerulites*, *Radiolites*, *Caprotina*, *Caprina*), von denen jedes einzelne Individuum ein Beweismittel für cretaceisches Alter ist. Dieselben füllen mit ihrer wuchernden, fast bis zum Ausschluss aller anderen organischen Formen gehenden Üppigkeit der Individuen namentlich die nach ihnen genannten Caprotinen- und Hippuritenkalke des südlichen Europas und Amerikas an. Eine besondere Bedeutung für die Kreideperiode besaßen die Ammoniten und Belemniten**),

*) Z. d. D. geol. Ges. 4877. S. 735; — u. Palaeontographica 4877.

**) C. Schlüter. Die Cephalopoden d. oberen deut. Kreide. Kassel 1874 bis 1877; sowie Z. d. D. geol. Ges. 4876. S. 457. — M. Neumayr. Die Ammoniten der Kreide. ebend. S. 834.

welche erstere im Verlaufe derselben zu einer großartigen, aber ganz eigentümlichen Entfaltung gediehen, am Schlusse derselben aber gänzlich erloschen. Die bis dahin spiralig in einer Ebene eingewickelten Gehäuse winden sich spiralig im Raume (Turrilites), strecken sich geradlinig (Baculites), krümmen sich bogen-, haken- oder krummstabähnlich (Toxoceras, Scaphites, Hamites, Ptychoceras) oder ziehen sich wenigstens so auseinander, dass ihre einzelnen Umgänge sich nicht mehr berühren (Crioceras, Ancyloceras). Von den normal eingerollten Ammoniten gehören Hoplites, Desmoceras, Acanthoceras, Schloenbachia, Pachydiscus und Phylloceras zu den verbreitetsten Geschlechtern. Dieser ganze Formenreichtum, sowie die Fülle der Belemniten erlischt mit der Kreide, — die Familie der Belemniten mit den eigentümlichen Gattungen Belemnitella und Actinocamax.

Von Crustaceen treten in der Kreideperiode neben langschwänzigen Decapoden (z. B. Glyphaea, Calianassa, Podocrates, Hoploparia) und Cirripedium (z. B. Scalpellum und Pollicipes) die ersten echten Krabben auf.

Fischreste sind in der Kreide ziemlich häufig. Sie gehören vorzugsweise den Knorpelfischen an, von welchen namentlich die breiten Mahlzähne von *Ptychodus* (Fig. 464) Interesse verdienen, weil sie nur aus der Kreide



Fig. 464. *Ptychodus latissimus* Ag.

bekannt sind. Die scharfen, schneidigen und spitzen Haifiszähne, die sich an manchen Aufschlusspunkten der Kreide nicht selten finden, stammen von den Geschlechtern *Lamna*, *Oxyrhina*, *Otodus* und *Corax*. Die bis dahin so gewöhnlichen Ganoiden haben rasch abgenommen und sind auf wenige Arten beschränkt, dahingegen erscheinen Vertreter der in der Jetztwelt dominierenden Cycloid- und Ctenoidschuppe, also der echten Knochenfische, zuerst in größerer Häufigkeit und Mannigfaltigkeit. Berühmte Fundstellen sind die Baumberge bei Münster und Sendenhorst (Agassiz, v. d. Mark, Schlüter, *Palaeontographica* 1863 und 1868). Reste von Reptilien sind in der Kreideformation seltener als im Jura, wo ihre Blütezeit war. Es zeigen sich noch einige Nachzügler von *Plesiosaurus*, *Ichthyosaurus* und *Pterodactylus*, dagegen sind Crocodilier und Schildkröten häufig. Zu ihnen gesellen sich *Mosasaurus* und *Liodon*, riesige, langgestreckte, fast schlangenähnliche Meeressäurier. Die Dinosaurier sind in Europa durch riesige Arten von *Iguanodon*, *Hylaeosaurus*, *Hadrosaurus* und *Megalosaurus* vertreten.

Von Vögeln sind bis jetzt in der europäischen Kreide nur seltene und geringfügige Reste (in England *Enaliornis*, in Schonen *Scaniornis*, in Böhmen *Cretornis*) gefunden. Um so wichtiger ist die reiche Ausbeute an Vogelresten, welche Marsh in der Kreide von Nordamerika, und zwar von Kansas, gemacht hat*). Die cretaceischen Vögel von Kansas tragen sämtlich Zähne

* O. C. Marsh. *Odontornithes*. A Monograph on the extinct toothed birds of

in den Kiefern und wurden deshalb Odontornithen genannt. Von diesen war *Hesperornis* (Fig. 465) ein Schwimmvogel mit nur stummelförmigen Vorderextremitäten und deshalb ohne Flugvermögen, also eine Ratite, jedoch die langen, schmalen Kiefer mit scharfen, gekrümmten Zähnen, welche in einer fortlaufenden Rinne stehen. Mit ihr ist *Coniornis* nahe verwandt. *Ichthyornis*, eine mövenähnliche Carinata, besaß ausgezeichnetes Flugvermögen, Zähne in getrennten Höhlen und biconcave Wirbel wie bei Fischen und gewissen Reptilien (Fig. 466 a, b, c).



Fig. 465. *Hesperornis regalis* Marsh.

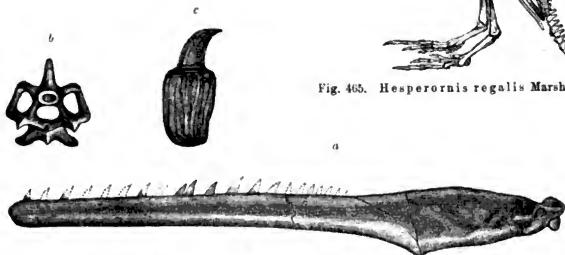


Fig. 466 a u. b. *Ichthyornis dispar* Marsh.

a Linker Unterkiefer; b einzelner Wirbel; c Zahn von *Hesperornis*.

Die Säugetiere sind auch noch in der Kreide ausschließlich durch kleine Beuteltiere vertreten, so namentlich in den obercretaceischen Schichten des Westens von Nordamerika.

Südliche und nördliche Kreidefacies. Ganz abgesehen von der doppelten, bald rein marinen, bald limnischen oder terrestrischen Ausbildung der untersten Kreide als Neocom und Wealden und der dadurch bedingten Verschiedenartigkeit der Faunen und Floren dieser Schichtencomplexe, zeigt es sich, dass die Kreideformation als Ganzes betrachtet in zwiefacher Weise, und zwar in ihren südlichen Territorien ganz anders wie in ihren nördlichen, zur Entwicklung gelangt ist, indem ihr paläontologischer Charakter, ähnlich wie dies nach Neumayr u. A. bereits bei der Juraformation

der Fall war (s. S. 603), in Folge von klimatischen Verschiedenheiten einen diesen Klimazonen entsprechenden verschiedenartigen Habitus aufweist. Der Hauptunterschied beider Faunen beruht darin, dass in die Kreide des Südens die fast ausschließliche, aber um so mannigfaltigere und großartigere Entwicklung der merkwürdigen Familien der Rudisten und Caprotinen fällt, welche der Norden weit kümmerlicher hervorgebracht hat, so das Senon Westfalens, des Harzrandes, des südlichen Schwedens, das sächsisch-böhmische Turon und Cenoman. Der Reichtum der südlichen Kreide an Hippuriten ist ein erstaunlicher und übertrifft fast den der Korallen im Jura, indem erstere ähnlich wie diese ganz gewaltige Complexe von felsbildenden Kalksteinbänken zusammensetzen. Zu ihnen gesellen sich riffbauende Korallen und Gastropoden (*Nerinea*, *Actaeonella*), ferner die aus dem Jura heraufsteigenden Ammonitengeschlechter *Lytoceras*, *Phylloceras* und *Haploceras*, sowie die sog. Kreide-Ceratiten (*Buchiceras*), welche der nördlichen Kreide meist fremd sind. Die letztere zeichnet sich im Gegensatze zu der südlichen durch die Mannigfaltigkeit der Formen und die große Anzahl der Individuen von Ammoniten und Belemniten sowie von Inoceramen aus. Die Verbreitzungszone der Kreide mit südlichem Habitus erstreckt sich von Portugal durch die Pyrenäen, das südliche Frankreich beide Seiten der Alpen entlang, durch Nordafrika, Palästina, Syrien, Kleinasien und von da östlich bis Afghanistan und Indien, — die der nördlichen Kreide von England durch Nordfrankreich und Norddeutschland, sowie das südliche Schweden. Ebenso sind in Amerika die Hippuritenkalke auf Columbia, Mexiko, Westindien, Alabama und Texas beschränkt, während sie weiter nördlich, in California, Nevada, Dakota, Kansas, Tennessee und New-Jersey fehlen.

Gliederung der Kreideformation. Wesentlich nach dem Vorgange d'Orbigny's gliedert man die Kreide in folgende Hauptabteilungen:

II. obere Kreide

3. Senon,
2. Turon,
1. Cenoman,

I. untere Kreide

2. Gault,
1. Neocom oder Hils, nebst Wealden.

1. Die untere Kreide.

1. Neocom oder Hils, nebst Wealden.

Im nordwestlichen Deutschland besteht der Hils aus Kalksteinen, Conglomeraten und Thonen (Hilsthonen), welche jedoch auch, so z. B. am Teuto-

burger Walde und in den Gildehäuser Bergen, durch Sandsteine vertreten sein können (diese oft reich an Nadeln von Kieselspongien), in Österreich, Oberschlesien aus Mergelschiefern mit untergeordneten, dünngeschichteten Kalksteinen, in England und im nördlichen Frankreich aus glaukonitischen Mergeln und Sandsteinen (lower greensand), sowie aus graublauen Thonen. In diese Stufe gehören auch die z. T. 30 m mächtigen Eisensteinablagerungen von Salzgitter. Das Neocom wird in fast allen seinen Verbreitungsgebieten durch folgende organische Reste kenntlich gemacht: *Toxaster*

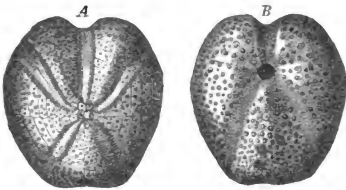


Fig. 467. *Toxaster complanatus* Ag.
A von oben; B von unten

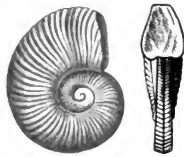


Fig. 469. *Ammonites (Hoplites) noricus* Schloth.



Fig. 468. *Exogyra sinuata* Sow.



Fig. 470. *Crioceras Duvali* Lév.

Aus dem Neocom.

complanatus Ag. (Fig. 467), *Pyrina pygaea* Desh., *Terebratula oblonga* Sow., *Rhynchonella depressa* Sow., *Terebratula tamarindus* Sow., *Exogyra Couloni* d'Orb. (= *Exog. sinuata* Sow.) (Fig. 468), *Pecten crassitesta* Röm., *Avicula macroptera* Sow., *Thracia Phillipsi* Röm., *Belemnites subquadratus* Röm., *Bel. jaculum* Phil. (= *pistilliformis* d'Orb.), *Ammonites (Hoplites) noricus* Schloth. (Fig. 469), *Amm. (Hoplites) radiatus*, *Amm. (Olcostephanus) asterianus* d'Orb., *Crioceras Duvali* Lév. (Fig. 470).

Das oberste Niveau des Neocom repräsentieren die Thone mit *Crioceras Emerici* Lév. (*Crioceras*-Schichten).

In den Bemerkungen über den Purbeck und über den paläontologischen Charakter der Kreide (S. 598 und 645) ist bereits betont worden, dass am Ende der Juraperiode größere Regionen des damaligen Meeresgrundes über den Spiegel der See gehoben wurden, ein Vorgang, welcher zunächst die Brackwassergebilde des Purbeck producierte und in seinem weiteren Verlaufe die Ablagerung derjenigen Delta- und Morastbildungen bedingte, die wir Wealdenformation nennen.

Die **Wealdenformation** überlagert concordant die obersten, selbst bereits limnischen Schichten des Jura, den Purbeck (S. 598), und wird von den Thonen und Sandsteinen der mittleren und oberen Stufen des marinen Neocom bedeckt (Fig. 471). Sie ist also ein Äquivalent und zwar wesent-

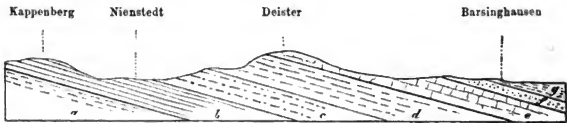


Fig. 471. Profil durch den Purbeck und Wealden des westlichen Deisters.
Nach Heinrich Credner.

g Hilsthon; marines Neocom	d Serpilit	} Purbeck
f Wealdenthon	e Mündel Mergel	
c Wealdensandstein	b Eimbeckhäuser Plattenkalke	
	a Kimmeridge und Portland.	

} Wealden

lich eine Deltafacies des unteren Neocom, die in Folge einer nach ihrer Ablagerung eingetretenen Senkung unter den Meeresspiegel wieder von den marinen Sedimenten des jüngeren Neocom überlagert wurde. In allen denjenigen Arealen, wo keine Hebungen des Meeresgrundes stattfanden, ist die Wealdenformation natürlich nicht zur Ablagerung gelangt, vielmehr hat die Bildung mariner Sedimente ihren ununterbrochenen Fortgang genommen, — eine Erscheinung, für die wir bereits in der carbonischen und permischen Formation ein Analogon besitzen, wo z. B. im Westen Nordamerikas auf den unteren der obere Kohlenkalk und auf diesen direct der Zechsteinkalk folgt, während an anderen Punkten, an denen eine Oscillation des Meeresbodens stattfand, die Land- und Sumpfbildung der productiven Steinkohlenformation zwischen die marinen Complexe des unteren Kohlenkalkes und des Zechsteines zwischengelagert ist. Die Aufeinanderfolge der aus ähnlichen geologischen Vorgängen resultierenden Schichtensysteme des obersten Jura und der untersten Kreide ist demnach von unten nach oben gelesen:

Rein marine Gebilde	Durch limnische und terrestre Gebilde unterbrochene marine Schichtenreihe
Oberes Neocom	Hilsthon, marin
Unteres Neocom	Wealdenthon, brackisch
	Wealdensandstein und -kohle, Sumpf- und Landbildung
Portland	Purbeck, brackisch
	Unterer Portland, marin

Die echte Wealdenformation ist nur in zwei Districten bekannt, in England (Kent, Sussex, Essex), von wo aus sie nach Belgien und Frankreich in die Umgebung von Boulogne übersetzt, und im nordwestlichen Deutschland, wo sie in dem Landstriche zwischen Helmstädt im Herzogtum Braunschweig und Bentheim, nahe der holländischen Grenze, an sehr vielen Punkten zu Tage ausgeht und namentlich an der Zusammensetzung des Deister, Osterwald, Süntel, der Bückeberger Berge, des Teutoburger Waldes einen wesentlichen Anteil nimmt.

Die Wealdenformation besteht aus zwei Gliedern, einem unteren sandigen und einem oberen thonigen. Das erstere wird in Deutschland als Wealden- oder Deistersandstein, in England als Hastingssand, — das zweite als Wealdenthon oder Wealdclay bezeichnet.

Der deutsche Wealdensandstein oder Deistersandstein, ein lichtgelber oder graulicher, feinkörniger Sandstein, bildet in zum Teil über 3 m starken Bänken einen bis 180 m mächtigen Schichtencomplex, aus welchem in zahlreichen Steinbrüchen ein ausgezeichnetes Baumaterial gewonnen wird. In ihnen eingeschaltet treten neben zahlreichen Lagen von dunklen Schieferthonen, welche zum Teil von Pflanzenresten angefüllt sind, z. B. am Deister 15 Flötze von mehr oder weniger reiner, bituminöser, schwarzer, stark glänzender Steinkohle auf, welche der Mehrzahl nach nur 0,07 bis 0,20 m mächtig sind, während andere 1, ja über 2 m Mächtigkeit erreichen und deshalb Abbauwürdigkeit besitzen, so dass auf ihnen (so am Osterwald, am Deister, bei Obernkirchen, bei Borgloh) ein ziemlich bedeutender Bergbau umgeht. Diese Kohle ist zweifelsohne von denselben Coniferen, Cycadeen und Farnen gebildet worden, deren Überreste so häufig in den sie begleitenden Schieferthonen vorkommen.

Nach Schenk besteht die Vegetation des deutschen Wealden ausschließlich aus Gefäßcryptogamen und Gymnospermen, während Dicotyledonen noch vollständig fehlen. Die Gefäßcryptogamen gehören den Equisetaceen, Farnen und Marsiliaceen an, von welchen die ersten durch Equisetum, die Marsiliaceen durch Jeanpaulia, die Farne ebenfalls durch Gattungen, welche bereits für das Rhät, den Lias, den braunen und weißen Jura charakteristisch waren, so durch Baiera, Oleandridum, Laccopteris,

Sagenopteris, Dictyophyllum repräsentiert sind. Eine ebenso scharf ausgeprägte Verwandtschaft mit rhätischen und jurassischen Formen, wie bei den Farnen, tritt bei den Cycadeen des Wealden in einer Anzahl Anomozamites-, Pterophyllum-, Podozamites-Arten hervor. Die Coniferen treten, was ihre Artenzahl betrifft, im Vergleiche mit Farnen und Cycadeen stark in den Hintergrund, wenn sie ihnen auch an Individuen-Reichtum nur wenig nachstehen, indem sie einen Hauptanteil an der Bildung der Wealdenkohle genommen haben. In dieser Beziehung ist namentlich Abietites Linki Röm. zu nennen. Der Gesamtcharakter der Wealdenflora ist nach dem oben Gesagten als ein ausgesprochen jurassischer zu bezeichnen. In Deutschland stellt sich erst in der oberen Kreideformation eine vollständige Änderung derselben ein; es erscheinen die Dicotyledonen (s. S. 615), — Farne und Gymnospermen treten dann gegen dieselben zurück.

Von Tierresten sind Cyrena-, Paludina-, Cypris-Arten, ferner Fragmente von Lepidotus (Lep. Mantelli Ag.) und Sphaerodus am häufigsten; zu ihnen gesellen sich einige Schildkröten, Crocodilier (Pholidosaurus), Plesiosaurier und Dinosaurier (Iguanodon, Megalosaurus, Stenopelix). Von letzteren stammen auch die bei Bad Rehburg und Obernkirchen vorkommenden Fährten*).

Der Deistersandstein wird von der zweiten Etage der Wealdenformation, dem Wealdenthone, in 20 bis 80 m Mächtigkeit überlagert (Fig. 471). Es sind dunkelgraue, dünngeschichtete, magere Schieferthone mit schwachen, sehr regelmäßigen Lagen von sandigem Kalksteine. Letztere zeichnen sich durch ihren erstaunlichen Reichtum an Cyrenen, Cyclas, Corbula, Paludinen und Melanien, manche der Schieferthone und Mergel durch die Menge der Cypris- und Unio-Individuen aus, welche sie bergen. Die charakteristischsten Vertreter dieser echten Brackwasserfauna sind: Cyrena ovalis Dunk., Unio Waldensis Mant. (Fig. 472), Melania strombiformis Schloth. (Fig. 473), Paludina fluviatorum Mant., Cypris Waldensis Sow. (Fig. 474).

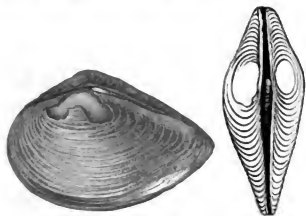
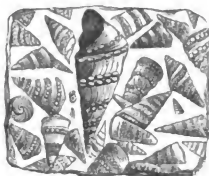
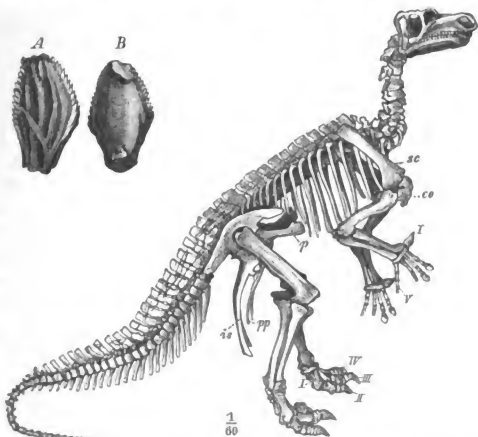
In den oberen Grenzsichten des Wealdenthones finden sich in Folge der beginnenden Senkung unter den Meeresspiegel z. T. mit brackischen Conchylien des Wealden gemischt (so in der Hilsmulde, bei Rheine), z. T. in selbständigen Einlagerungen (so bei Borgloh) Leitfossilien des Hilsthones, also des marinen Neocom**).

In Belgien sind in dem Wealdenthon, welcher bei Bernissart eine grabenförmige Verwerfung ausfüllt, mehrere fast vollkommene Skelette von Iguanodon (Fig. 475) entdeckt worden. Diese riesigen (3—4 m hohen) pflanzenfressenden Dinosaurier bewohnten die damaligen Waldungen, gingen

* E. Koken. Dinosaurier, Crocodilier und Sauriapterygier des norddeut. Wealden. Pal. Abh. III. H. 5. Berlin 1887 und VII. H. 2. 1896.

** C. Gagei. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1893. S. 158. — G. Müller, ebend. 1895. S. 60.

wie die Vögel auf gewaltigen dreizehigen Hinterbeinen, während die fünf-fingerigen Vorderextremitäten sehr kurz waren und zum Ergreifen von Ästen und Wedeln dienten. Der kolossale Schwanz diente als Stütze beim Gehen. Die Zähne sind spatelförmig, zweischneidig und an beiden Rändern scharf gekerbt (Fig 475 *A* und *B*).

Fig. 472. *Unio Waldensis* Mant.Fig. 473. *Melania strombiformis* SchlothFig. 474. *Cypris Waldensis* Sow. Vergrößert und in natürlicher Größe.Fig. 475. *Iguanodon Mantelli* Ow. aus dem belgischen Wealdenthon. Nach Dollo.

sc = Scapula; co = Coracoid; p = Pubes; pp = Postpubes; ts = Ischia.

A u. B = Zähne (A von außen; B von innen).

Aus dem Wealden.

In England wird die untere Etage der Wealdenformation, wie bereits hervorgehoben, von Hastingssand gebildet. Es sind dies eisenschüssige Quarzsande und Sandsteine, welche mit Thonen und Mergeln wechsellagern, in denen jedoch eigentliche Steinkohlen wie in Deutschland nicht vorkommen. Dahingegen umschließen sie verkohlte Pflanzenreste, ferner zahlreiche Süßwasser- und Brackwassermollusken aus den Geschlechtern *Cyrena*, *Cyclas*, *Unio*, *Paludina*, *Melania*, namentlich aber die Reste von Fischen (*Lepidotus*), Schildkröten (*Emys* und *Trionyx*) und Reptilien, unter denen sich diejenigen von *Iguanodon* durch ihre Größe auszeichnen. Auf den Hastingssandstein folgt der Wealdclay, graue fette Thone und untergeordnete Kalksteine mit spatelförmigen Zähnen und Knochenfragmenten von *Iguanodon*, sowie mit *Cypris* und *Paludina*, welche letztere manche Schichten ganz ausschließlich zusammensetzen.

In Nordamerika hat man als ungefähre und zwar ebenfalls Kohlenflötze und Landpflanzen führende Äquivalente der Wealdenformation die Potomac-Gruppe von Maryland und Virginia, die Great-Falls-Gruppe von Montana und die Kootanie-Gruppe von Canada angesprochen. Unter diesen erhält die Potomac-Gruppe dadurch besondere geologisch-paläontologische Bedeutung, dass sie neben Equiseten, Farnen, Cycadeen und Coniferen die ältesten bis jetzt bekannten Laubbölzer (S. 615) und zwar bereits in großer Artenzahl, wenn auch z. T. in noch wenig differenzierten Collectivformen enthält*). Auch die *Atlantosaurus*-beds am Ostabfalle der Rocky Mountains (s. S. 644) mit ihren riesigen Dinosauriern und winzigen Beuteltieren reichen vom Purbeck bis in das Niveau des Wealden.

2. Gault.

Die bis über 300 m mächtige Schichtenreihe des Gault besteht in Deutschland, England und Frankreich aus plastischen dunkelen, zum Teil glaukonitischen Thonen, mageren Schieferthonen und Mergeln, welche nur local von reinen oder mergeligen Kalksteinen, sowie von hellbraunen oder weißen Sandsteinen (bei Halberstadt, Goslar) verdrängt werden**). Als letztes Glied des deutschen Gault erscheint fast überall der Flammenmergel, ein heller, von dunkelen Flammen und Streifen durchzogener Mergel mit *Aucella* (*Avicula*) *gryphaeoides*. Im allgemeinen ist an der Fauna des Gault ihr großer Reichtum an Belemniten und Ammoniten und zwar sowohl an echten Ammoniten, wie an deren Nebenformen bemerkenswert. Letztere kommen in besonderer Mannigfaltigkeit der Gestaltung und Menge der Individuen im unteren Gault (Aptien) vor und gehören den Geschlechtern

*) Fontaine. The Potomac or younger mesozoic flora. Monogr. U. St. geol. Surv. Vol. XV. 1889. — Feistmantel. Älteste Dicotyledonen. Z. d. D. geol. Ges. 1889. S. 27. — Newberry. Am. Journ. of Sc. XVI. 1894. S. 494.

** G. Maas. Z. d. D. geol. Ges. 1895. S. 227.

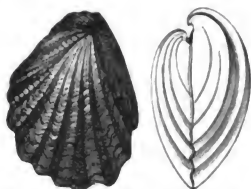


Fig. 476. *Iuoceramus sulcatus* Park.



Fig. 477. *Ammonites (Hoplites) auritus* Sow.



Fig. 478. *Toxoceras bituberculatum* d'Orb.



Fig. 479. *Ancyloceras Matheroniaum* d'Orb.

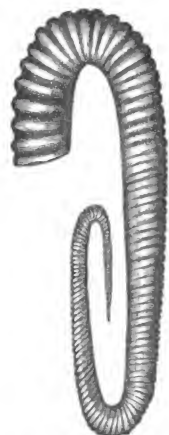


Fig. 480. *Hamites attenuatus* Sow.



Fig. 481. *Turrillites catenatus* d'Orb.



Fig. 482. *Belemnites Bruns-vicensis* Stromb.

Aus dem Gault.

Hamites, Macroscaphites, Ancyloceras, Crioceras, Toxoceras (Fig. 478) und Turrilites (Fig. 481) an. Als ihre Hauptvertreter mögen hier Ancyloceras Ewaldi Dames, Hillsi und Matheronianum d'Orb. (Fig. 479), Anc. Bowerbanki Sow., Hamites attenuatus Sow. (Fig. 480), angeführt werden. Von Ammoniten sind Ammonites (Placenticeras) nisus d'Orb., Amm. (Schloenbachia) inflatus Sow., Amm. (Desmoceras) Mayorianus d'Orb., Amm. (Hoplites) auritus Sow. (Fig. 477), Amm. (Acanthoceras) Milletianus d'Orb. zu erwähnen, während von Belemniten für den deutschen Gault vier Arten: Belemnites Brunsvicensis Stromb. (Fig. 482), Bel. Ewaldi Stromb., Bel. Strombecki Müll. und Bel. minimus List. deshalb besondere Wichtigkeit besitzen, weil sie vier aufeinander folgende Niveaus einnehmen (siehe unten) und deshalb vorzügliche Orientierungsmittel abgeben*). Von Zweischalern und Brachiopoden sind für den Gault charakteristisch: Terebratula Moutoniana d'Orb., Inoceramus sulcatus (Fig. 476) und concentricus Park., Avicula aptiensis d'Orb., Trigonia caudata Ag.

Specielle Gliederung der norddeutschen unteren Kreide; nach v. Strombeck; ergänzt nach G. Müller l. c.

II. Gault.

3. Oberer Gault. Zone des Belemnites minimus;

b. Flammenmergel, hellgraue, dunkelgefleckte und geflammte Thone und Mergel mit Ammonites inflatus, A. lautus, A. auritus und Avicula gryphaeoides.

a. Minimus-Thon, grüngraue Thone mit Belemnites minimus und Ammonites interruptus.

2. Mittlerer Gault. Zone des Belemnites Strombecki;

b. Graue plastische Thone mit Ammonites tardefurcatus.

a. Graue schieferige Thone mit Ammonites Milletianus und viel Concretionen von Thoneisenstein und Phosphorit.

1. Unterer Gault. Zone des Belemnites Ewaldi;

e. Gargas-Mergel; weiße Mergel mit Belemnites Ewaldi, Ammonites nisus, Toxoceras Royerianum.

d. Thone mit Ammonites Martini und Ancyloceras Hillsi;

Zone des Belemnites Brunsvicensis;

c. Thone mit Ammonites Deshayesii.

b. Thone mit Ancyloceras gigas.

a. Speeton-Thon mit Belemnites Brunsvicensis, Ammonites venustus, Ammonites nisus.

I. Hils.

2. Oberer Hils.

b. Crioceras-Schichten, phosphoritführende Thone mit Crioceras Emerici, Ancyloceras simplex, Belemnites Brunsvicensis, Thracia Phillipsi, Pecten crassitesta, Exogyra Couloni.

* G. Müller. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1895. S. 95.

a. Zone des *Belemnites jaculum* = *pistilliformis**).

Mergel und Thone mit *Bel. jaculum*, *Crioceras capricornu*, *Amm. noricus*, *Thracia Phillipsi*, *Exogyra Couloni*, *Glyphaea ornata*. Obere Zone mit *Amm. Carteroni*.

4. Unterer Hils. Marine Facies: Zone des *Belemnites subquadratus*.

Kalke, Mergel, Thone, Kalk- und phosphoritführende Eisenconglomerate, sowie im Teutoburger Walde Hils sandsteine, mit *Rhynchonella depressa*, *Terebratula oblonga*, *Pyrinopygaea*, *Ostrea macroptera*, *Ammonites amblygonius*, *Amm. radiatus*, *Amm. bidichotomus*, *Bel. subquadratus*. Im oberen Complexe mit *Toxaster complanatus*. Bank mit *Aucella volgensis* und *Kayserlingi* (Salzgitter).

Die norddeutsche Wealdenbildung als Delta- und Ästuariefacies des unteren Hils.

Eine ganz ähnliche ist die Entwicklung der englischen und nordfranzösischen unteren Kreide.

Die südliche Facies der unteren Kreide. Der südlichen Klimazone der cretaceischen Periode gehören die unteren Kreidebildungen der Alpen, der Karpathen, Südfrankreichs, Spaniens, Italiens und Nordafrikas an. Im alpinen Teil Südfrankreichs und in den westlichen Kalkalpen trägt die unterste Stufe des Neocom (Berrias-Stufe; Zonen der *Terebratula diphyoides*, des *Belem. latus*, des *Amm. occitanus* und *Malbosi*) noch vollständig den Charakter einer Übergangsbildung zum oberen Jura, in welche noch eine Zahl von jurassischen Ammoniten unverändert emporsteigt. Auf sie folgt das Valenginien, ein Äquivalent des norddeutschen unteren Hils, und dann das Mittelneocom oder Hauterivien (der Spatangenkalk) mit *Toxaster complanatus*, *Amm. asterianus* und *Belemnites pistilliformis*, während das obere Neocom durch das Barrémien (in den Karpathen durch die Wernsdorfer Schichten) mit *Crioceras Emerici* und *Macroscaphites Yvanii* repräsentiert wird. An Stelle des letzteren, namentlich aber des unteren Gault (Aptien) sind im Schweizer Jura, in den Alpen, sowie in ganz Südeuropa und Nordafrika die Caprotinen- oder Schrattenkalk zur Entwicklung gelangt, mächtige, weiße Felsenkalk, z. T. reich an *Caprotina* (*Requienia*) *ammonia* Goldf. (Fig. 483) und an *Sphaerulites*, z. B. *Blumenbachi* und *erraticus*. Den allgemeinen Abschluss der unteren mediterranen Kreide bildet der ähnlich wie im Norden entwickelte

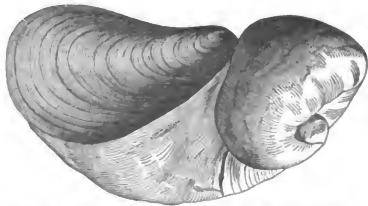


Fig. 483. *Caprotina* (*Requienia*) *ammonia* Goldf.

*) Siehe jedoch v. Koenen. Z. d. D. geol. Ges. 4896. S. 744.

obere Gault (das Albien) mit *Ammonites Milletianus*, *Amm. interruptus* und *inflatus*.

Als Beispiel einer derartigen Entwicklung der südlichen Unterkreide kann diejenige des Schweizer Jura gelten:

II. Gault.

3. Kalkstein mit *Ammonites interruptus*;
2. Grünsandstein und Mergel mit *Amm. Milletianus* (2 und 3 = Albien);
1. Orbitulinenkalke voll *Orb. lenticularis*.

Caprotinenkalke mit *Cap. ammonia* und *Lonsdalei* (= Aptien od. Urgonien).

I. Neocom.

3. Hauterivien, Kalke und Mergel mit *Crioceras Duvali*, *Ammonites noricus*, *Belemnites pistilliformis*, *Belemnites dilatatus*, *Ostrea Couloni*, *Toxaster complanatus*.

2. Valenginien, Mergel und Kalksteine mit *Amm. neocomiensis*, *A. Gervilianus*, *Ostrea macroptera*, *Strombus Leviathan*.

1. Purbeck, Grauer Mergel mit Süßwasserconchylien (local).

Weiter im Süden schieben sich an Stelle des Purbeck zwischen das Valenginien und das Tithon als verbindendes Übergangsglied die Berrias-Kalke ein (siehe oben).

Nachstehende tabellarische Zusammenstellung gewährt einen raschen Überblick über die

Gliederung der unteren Kreide

		in Norddeutschland siehe S. 628	im mediterranen Gebiete	
Gault	Oberer	Stufe des <i>Bel. minimus</i>	Albien	
	Mittlerer	> > <i>Bel. Strombecki</i>		
		> > <i>Bel. Ewaldi</i>		
	Unterer	Obere Stufe des <i>Bel. Brunsvicensis</i> (<i>Speetonthon</i>)	Aptien	Caprotinenkalke
Neocom oder Hils	Oberes	Untere Stufe des <i>Bel. Brunsvicensis</i> (<i>Criocerasschichten</i>)	Barrémien	
	Mittleres	Stufe des <i>Bel. pistilliformis</i> (= <i>jaculum</i>)	Hauterivien	
	Unteres	Stufe des <i>Bel. subquadratus</i> nebst Wealdenformation	Valenginien	
			Berriasien	

II. Die obere Kreide.

1. Cenoman (Unterquader, Unterpläner).

Diese Stufe der Kreideformation besteht in England, Nordfrankreich und Westfalen aus glaukonitischen Sandsteinen, Thonen und



Fig. 484. *Discoidea cylindrica* Ag.



Fig. 485. *Ostrea carinata* Lam.



Fig. 486. *Pecten asper* Lam.

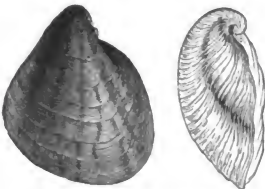


Fig. 487. *Exogyra columba* Desh.

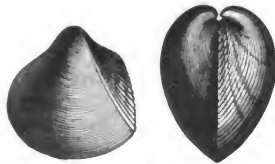


Fig. 488. *Protocardium Hillanum* Beyr.

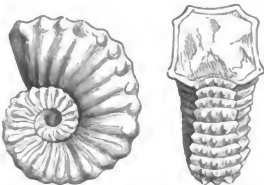


Fig. 489. *Ammonites (Acanthoceras) Rhotomagensis* Brongn.



Fig. 490. *Scaphites aequalis* Sow.

Aus dem Cenoman.

Mergeln (dem upper greensand, der chloritischen Kreide von Rouen, der Tourtia, dem Grünsand von Essen), in Hannover aus thonigen Kalken und Kalkmergeln, in Sachsen und Böhmen aus zum Teil glaukonitischem Quadersandstein, darüber oder statt dessen aus Plänerkalk (Carinatenquader und Carinatenpläner, Korycaner Schichten). Für die unteren Schichten dieser Stufe sind charakteristisch: *Catopygus carinatus* Ag., *Ostrea carinata* Lam. (Fig. 485), *Ost. diluviana* Goldf., *Pecten asper* Lam. (Fig. 486), *Protocardium Hillanum* Beyr. (Fig. 488), *Exogyra columba* Desh. (Fig. 487), *Ammonites* (*Acanthoceras*) *Mantelli* Sow. (der jedoch durch das ganze Cenoman hinaufsteigt). Die nächst höheren Schichten zeichnen sich durch die Führung von *Ammonites* (*Schloenbachia*) *varians* Sow. und *Scaphites aequalis* Sow. (Fig. 490) aus. Das oberste Cenoman enthält *Discoidea cylindrica* Ag. (Fig. 484), *Holaster subglobosus* Lesk., *Ammonites* (*Acanthoceras*) *Rhotomagensis* Brongn. (Fig. 489), *Turrilites costatus* Lam.

Höchst wichtig ist das Vorkommen von Abdrücken und verkohlten Resten von Laubbölzern, namentlich von *Credneria* (Fig. 463), *Ficus*, *Populus*, *Salix*, *Acer*, *Alnus*, *Laurus* u. a. in den dem cenomanen Quader angehörigen Schieferthonen und Sandsteinen z. B. von Niederschöna bei Freiberg und Perutz in Böhmen. Es sind die ältesten Angiospermen, von denen wir Kunde in Centraleuropa haben.

2. Turon.

Diese Unterabteilung der Kreideformation wird im nördlichen Frankreich und in England von weißen oder hellgrauen, feinerdigen und weichen Mergeln (Kreidemergeln), in Westfalen z. T. von eben solchen, z. T. von Mergelkalk, dem Pläner, in Hannover und Braunschweig von fleischroten und weißen, kalkigen Mergeln und Kalksteinen. in Sachsen und Böhmen von Quadersandstein mit Einlagerungen von Plänerkalken und Mergeln, z. T. auch ausschließlich aus solchen gebildet. Die wichtigsten Erkennungsmerkmale dieser Abteilung liefern folgende organische Reste: *Galerites albogalerus* Lam. (Fig. 494), *Micraster cortestudinarium* Goldf., *Micraster breviporus* d'Orb., *Holaster planus* Mant., *Inoceramus Brongniarti* Sow., *Inoceramus labiatus* Brongn. (= *I. mytiloides* Mant., Fig. 493), *I. Cuvieri* Sow., *Trigonia scabra* Lam. (Fig. 492), *Spondylus spinosus* Deffr. (Fig. 495), *Terebratula semiglobosa* Sow., *Ammonites* (*Acanthoceras*) *Woolgari* Mant. und *nodosoides* Schloth., *Amm.* (*Pachydiscus*) *perampus* Mant. (Fig. 494), *Scaphites Geinitzi* d'Orb. (Fig. 496).

3. Senon.

Die Gesteine, welche diese Schichtenreihe zusammensetzen, sind in England, im nördlichen Frankreich, auf Rügen und Moen weiße Schreibkreide, bei Aachen und Maastricht lose Sande, Mergel und bryozoöenreiche

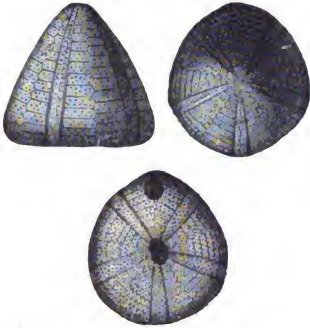


Fig. 491. *Galerites albogalerus* Lam.



Fig. 492. *Trigononia scabra* Lam.

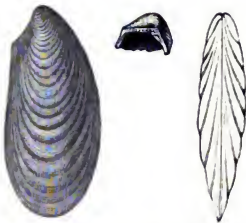


Fig. 493. *Inoceramus labiatus* Brongn.



Fig. 494. *Ammonites (Pachydiscus) per-amplus* Mant.



Fig. 495. *Spondylus spinosus* Deff.



Fig. 496. *Scaphites Geinitzi* d'Orb.

Aus dem Turon.

Kreidetuffe, in Westfalen zu unterst Kalkmergel, darüber Mergelsandsteine, in Hannover und Braunschweig thonige Kalksteine und Mergel, am nördlichen Harzrande vorwaltend Sandsteine (Senon-Quader) und Mergel. Außer einer Anzahl weiter unten zu erwähnender organischer Reste gehören *Actinocamax quadratus* Schloth. und *Belemnitella mucronata* Schloth. (Fig. 503) zu den wichtigsten Leitfossilien des Senons, und zwar ist *Actinocamax quadratus* für die unteren, *Belemnitella mucronata* für die oberen Niveaus des Obersenons bezeichnend. Zu ihnen gesellen sich außerordentlich zahlreiche Foraminiferen (*Flabellina*, *Textularia*, *Nodosaria*, *Rotalia*, *Dentalina*

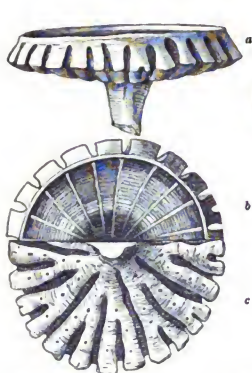


Fig. 498. *Coelopterychium incisum* Röm.
Senon.
a von der Seite; b von oben; c von unten.

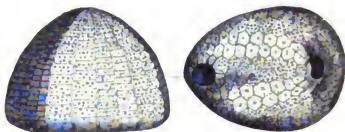


Fig. 499. *Ananchytes ovata* Lam. Senon.



Fig. 497. *Beckisia Soekelandi* Schlüt.

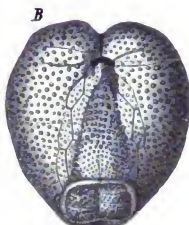
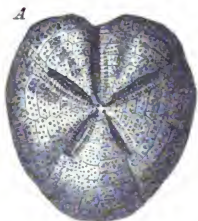


Fig. 501. *Micraaster coranguinum* Kl. A von oben; B von unten.

Aus dem Senon.



Fig. 500. *Crania Ignabergensis* Retz.
A beide Klappen; B obere Klappe von oben.

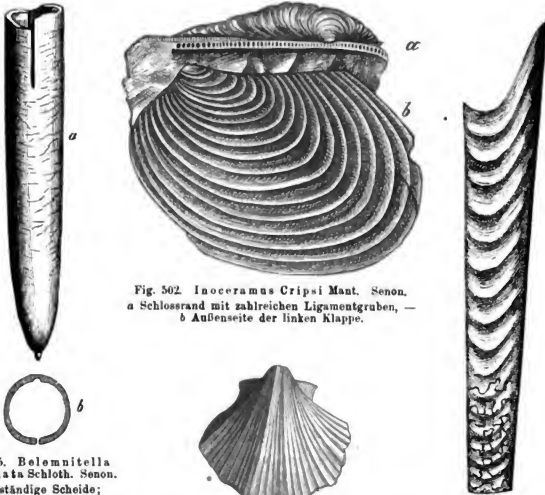
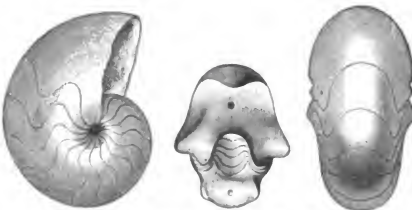
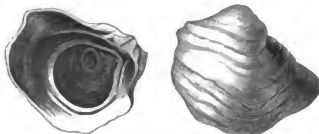


Fig. 506. *Baculites anceps* Lam. Senon.



und viele andere), deren Schalen nicht nur einen großen Teil des Materiales der weißen Schreibkreide geliefert haben, sondern auch in den senonen Mergeln sehr häufig sind, — ferner jene schirmähnlichen Schwämme: *Coeloptychium agaricoides* Goldf., *Coel. lobatum* Goldf., *Coel. incisum* Röm. (Fig. 498), sowie *Becksia Soekelandi* Schlüt. (Fig. 497) und *Coscinopora infundibuliformis* Goldf., zahlreiche Seeigel, z. B. *Ananchytes ovata* Lam. (Fig. 499), *Micraster coranguinum* Kl. (Fig. 504), und *Micraster glyphus* Schlüt.; *Marsupites ornatus* Mant., *Bourgueticrinus ellipticus* Mill., ferner *Crania Ignabergensis* Retz. (Fig. 500), *Magas pumilus* Sow., *Rhynchonella octoplicata* Sow., *Terebratula carnea* Sow., *Ostrea vesicularis* Lam. (Fig. 504), *Exogyra laciniata* Goldf., *Pecten quadricostatus* Bronn (Fig. 503), *Inoceramus Cripsi* Mant. (Fig. 502), *In. lobatus* Münster, *Pinna diluviana* Schloth., *Heteroceras polyplocum* Röm., *Baculites anceps* Lam. (Fig. 506), *Nautilus danicus* Schloth. (Fig. 507), *Ammonites Coesfeldensis* Schlüt., *Scaphites gibbus* Schlüt. Im Senon Schöner und des nördlichen Harzrandes stellen sich zahlreiche kleine Rudisten (*Radiolites*) ein*).

Dem unteren Niveau des Senons gehört eine bis 500 m mächtige mergelige Schichtengruppe an, welche namentlich in Westfalen ausgebildet ist, aber auch am Nordrande des Harzes (Quedlinburg, Zilly) auftritt und ebenso in Schlesien, in der Gosau und in anderen Gegenden entwickelt sein dürfte, die Emscher Mergel (Schlüter).^{*} Dieselben führen als charakteristische Reste *Ammonites Margae*, *Amm. Texanus*, *Amm. tricarinatus*, *Turrillites plicatus*, *Inoceramus subcardissoides*, *In. digitatus* und *In. radians*.

Als die obersten Horizonte der Kreide, welche z. T. bereits eine bedeutende Annäherung ihres paläontologischen Charakters an den des Tertiärs verraten, sind die Faxe-Kalke, die Kreidetuffe von Maastricht und die Pisolithenkalke des Pariser Beckens zu betrachten. Man hat dieselben als besondere Stufe, als Danien, zusammengefasst.

Die Faxe-Kalke treten auf der dänischen Insel Seeland und dem Festlande Schwedens als jüngste Bildung der senonen, also überhaupt der gesamten Kreide in 40 bis 45 m Mächtigkeit auf, bestehen aus fast nichts als aus Korallenfragmenten und Korallenschutt und umschließen zwischen diesen zahlreiche Molluskenreste, so *Nautilus danicus*, *Baculites Faujasii*, aber auch Steinkerne von *Cypraea*, *Oliva*, *Mitra*, *Patella*, *Emarginula*, also von Gastropoden, welche sonst kaum aus der Kreide bekannt sind. Dazu kommen noch z. T. ganz vollständige Panzer einiger Krabben (*Dromiopsis*), die in der Korallenfelsmasse verteilt sind.

Der Kreidetuff von Maastricht, 30 m mächtig, überlagert die echte weiße, an Feuersteinen reiche Schreibkreide und besteht aus lockeren, zerreiblichen Kalkmergeln, welche von Bryozoen (namentlich von *Eschara*) und

* G. Müller. Jahrb. d. k. pr. La. 4889. S. 437.

von Foraminiferen angefüllt sind. Neben Gastropoden wie *Voluta*, *Fasciolaria* u. a., wie sie im Tertiär bekannt sind, kommen *Bel. mucronata*, *Ostrea vesicularis*, *Pecten quadricostatus*, *Baculites anceps*, *Bac. Faujasi*, *Mosasaurus* und andere echt cretaceische Formen vor. — Überraschend ist die Übereinstimmung der Kreidebildungen von Maastricht-Aachen mit denen von New-Jersey in Nordamerika, wo ganz ähnliche an *Eschara* reiche Kreidetuffe die Schichten mit *Belemnitella mucronata* überlagern.

Der Pisolithenkalk der Umgegend von Paris ist ein gelblicher, eisenhaltiger, grob oolithischer, oder aus abgerollten Muschelfragmenten bestehender Kalkstein mit dem cretaceischen *Pecten quadricostatus*, *Nautilus danicus*, neben ihnen aber mit zahlreichen Exemplaren von *Cerithium*, *Lima*, *Crassatella*, *Cardium* und *Corbis* von augenscheinlich tertiärem Habitus.

Spezielle Gliederung der oberen Kreide Norddeutschlands und Nordfrankreichs.

Die obere Kreide Norddeutschlands nach Cl. Schlüter*).

IV. Obersenon (Coeloptychien-Kreide).

45. Zone des *Heteroceras polyplacum*, *Ammonites Wittekendi*, *Scaphites pulcherrimus* und der *Belemnitella mucronata* Schloth. (= Obere Mucronatenkreide).

44. Zone des *Ammonites Coesfeldensis*, *Micraster glyphus* und der *Lepidospongia rugosa* (= Untere Mucronatenschichten). Kalkige Mergel, Kalke und Mergelsandsteine mit Coeloptychien, Cribrospongien, *Lepidospongia*, *Cupulospongia*, *Micraster glyphus* Schlüt., *Phymosoma ornatissimum* Ag., *Terebr. obesa* Sow., *Ostr. vesicularis* Lam., *Lima semisulcata* Nilss., *Inoc. Cripsi* Mant., *Ammonites Coesfeldensis* Schlüt., *Amm. Stobbaei* Nilss., *Belemnitella mucronata* Schloth.

43. Zone der *Becksia Soekelandi* (= Quadratenkreide). Mergel mit Coeloptychien, Camerospongien, *Becksia Soekelandi* Schlüt., *Cribrospongia Decheni* Goldf., *Salenia Heberti* Cott., *Ostrea vesicularis* Lam., *Janira quinquecostata* Lam., *Inoceramus Cripsi* Mant., *Actin. quadratus* Blainv. (häufigst).

III. Untersenon.

42. Kalkig-sandige Gesteine von Dülmen mit *Scaphites binodosus* Röm. und *Actinocamax granulatus* Bl. = Granulaten-Kreide**, sowie *Exogyra lacinata* Nilss., *Ostrea armata* Goldf., *Janira quadricostata* Sow., *Inoc. Cripsi* Mant., *Inoc. lingua* Goldf., *Trig. limbata* d'Orb., *Pholadomya caudata* Röm., *Ammonites bidorsatus* Röm., *Scaphites binodosus* Röm.

41. Quarzige Gesteine von Haltern mit *Pecten muricatus*, außerdem namentlich *Pect. quadricostatus* Sow., *Inoc. Cripsi* Mant., *Inoc. lobatus* Röm., *Trigonia aliformis* Park., *Pygurus rostratus* Röm., *Calianassa antiqua* Otto, Crednerienblätter.

40. Sandmergel von Recklinghausen mit *Marsupites ornatus* Mill. und *Act. granulatus* Bl., ferner mit *Ostr. sulcata* Blumenb., *Inoc. Cripsi* Mant., *Inoc. lobatus* Münst. Hierher die Siphonienmergel des Sudmerberges, das Heimburg- und Salzberggestein bei Quedlinburg, der Senonquader des nördlichen Harzrandes.

* Z. d. D. geol. Ges. 4876. S. 457.

** Vergl. E. Stolley. Arch. f. Anthropol. u. Geol. Schleswig-Holsteins. I. H. 2. 1896. S. 153.

9. Zone des *Ammonites Texanus*, *Amm. Margae* und *Inoceramus digitatus* (Emscher Mergel). Graue lockere Thonmergel, z. T. glaukonitisch (bis ca. 500 m mächtig), mit *Inoc. digitatus* Sow. (0,5 m groß), *Inoc. subcardissoides* Goldf., *Inoc. involutus* d'Orb., *Amm. Margae* Schlüt., *Amm. tricarinatus* d'Orb., *Turr. plicatus* d'Orb., *Turr. tridens* Schlüt., *Actinocamax Westfalicus* Schlüt. In diese Zone gehören die grauen Mergel und Sandsteine im Liegenden des Sudmergesteines bei Goslar, sowie des Schafsberges bei Quedlinburg und die Mergel und Glaukonitsandsteine von Zilly (Müller, Dames).

II. Turon = oberer Pläner.

8. Zone des *Inoceramus Cuvieri* und *Epiaster brevis* Schlüt. non Desor = Ep. Schlüterii Coqu. (Cuvieri-Pläner). Dünngeschichtete Kalke, im Westen z. T. glaukonitisch.

7. Zone des *Heteroceras Reussianum* und *Spondylus spinosus* (= Scaphitenpläner). Kalke und Kalkmergel mit *Micraster cortestudinarium* Goldf. und *Breviporus* Ag., *Ter. semiglobosa* Sow., *Rhynch. plicatilis* Sow., *Spond. spinosus* Sow., *Amm. peramplus* Mant., *Scaphites Geinitzi* d'Orb. und *auritus* Schlüt., *Heteroceras Reussianum* d'Orb. u. a. Bei Bielefeld, Salzgitter, Langelsheim, Quedlinburg, Strehlen, Oppeln, Wollin. Bei Soest, Unna, Dortmund als Grünsand.

6. Zone des *Inoceramus Brongniarti* und *Ammonites Woolgari* (= Brongniarti-Pläner und Galeriten-Pläner; Mergel, Mergelkalke, feste splinterige Kalke. In zwei Facies, nämlich als Brongniarti-Schichten und als Galeriten-Schichten ausgebildet, mit *Galerites albogalerus* d'Orb., *Holaster planus* Mant., *Micraster breviporus* Ag., *Inoc. Brongniarti* Mant., *Rhynch. Cuvieri* d'Orb., *Terebr. Becksii* Röm., *Terebratulina chrysalis* DeFr., *Ammonites Woolgari* Mant. u. a.

5. Zone des *Inoceramus labiatus* und *Ammonites nodosoides* (= Mytiloides-Pläner); Pläner-Mergel, Mergelkalke, oft rötlich, mit massenhaftem *Inoc. labiatus* Schloth., außerdem *Amm. nodosoides* Schloth., *Ter. semiglobosa* Sow., *Rhynch. Cuvieri* d'Orb. und einigen anderen.

4. Zone des *Actinocamax plenus*. Nur in Westfalen; hier glaukonitischer Mergel, arm an organischen Resten, nur mit *Actin. plenus* Blainv. und *Serpula amphibaena* Goldf.

I. Cenoman = unterer Pläner.

3. Zone des *Ammonites Rhotomagensis* und *Holaster subglobosus*. Kalke und Mergel, mit: *Discoidea cylindrica* Ag., *Holaster subglobosus* Leske, *Terebr. biplicata* Sow., *Inocer. striatus* Mant., *Lima elongata* Sow., *Amm. Rhotomagensis* Brongn. (häufigst), *Amm. Mantelli* Sow., *Amm. varians* Sow., *Turrilites costatus* Lam., *Nautilus expansus* Sow. u. a.

2. Zone des *Ammonites varians* und *Hemiaster Griepenkerli*. Im südwestlichen Westfalen Glaukonitmergel, weiter nach Osten Plänerkalke und Kalkmergel. Organische Reste: *Hemiaster Griepenkerli* Stromb., *Rhynchonella Martini* Mant., *Terebr. biplicata* Sow., *Inoceramus striatus* Mant., *Ammonites varians* Sow., *Amm. Mantelli* Sow., *Scaphites aequalis* Sow., *Turrilites tuberculatus* Bosc., *Turr. costatus* Lam. u. a.

1. Zone des *Pecten asper* und *Catopygus carinatus*. Bei Essen als Grünsand; im Teutoburger Walde Pläner-Mergel; im Hügellande nördlich vom Harz Mergel und Mergelthone; in Sachsen und Böhmen Unterquader und Unterpläner (Carinatenstufe). Organische Reste: *Scyphia infundibuliformis* Goldf., *Micrabacia coronula* Goldf., *Cid. vesiculosa* Goldf., *Catopygus carinatus* Agass., *Terebr. depressa* Lam., *Ost. diluviana* Goldf., *Ost. carinata* Lam., *Ost. haliotoidea* Sow., *Janira quinquecostata* Sow., *Pect. asper* Lam., *Ammonites Mantelli* Sow.

Die obere Kreide des Pariser Beckens.

III. Senonien.

4. Danien.

Pisolithenkalk von Paris mit *Nautilus danicus*, *Pecten quadricostatus*, *Cidaris Forchhammeri*.

3. Maëstrichtien.

Baculitenkalk von Cotentin mit *Bac. anceps*. 3 u. 4 nur local, und dann discordant und meist in kleinen Vertiefungen der weißen Kreide des Campaniens aufgelagert.

2. Campanien (= Belemnitenkreide).

b. Kreide mit *Belemnitella mucronata*, *Magas pumilus*, *Ostrea vesicularis*, *Micraster Brongniarti* (Meudon).

a. Kreide mit *Belemnitella quadrata*.

1. Santonien (= Micrasterkreide).

b. Kreide mit *Micraster coranguinum*, sowie mit *Marsupites ornatus*, *Lima Hoperi*, *Epiaster gibbus*.

a. Kreide mit *Micraster cortestudinarium* sowie mit *Epiaster brevis*, *Inoceramus involutus*, *Ammonites texanus*.

II. Turonien.

2. Angoumien. Stufe des *Ammonites perampus* und des *Micraster breviporus*.

c. Kreide mit *Scaphites Geinitzi*.

b. Kreide mit *Inoceramus Brongniarti* und *Spondylus spinosus*.

a. Kreide mit *Terebratulina gracilis*.

1. Ligérien.

Mergelkreide mit *Inoceramus labiatus*, *Ammonites nodosoides*, *Rhynch. Cuvieri*.

I. Cenomanien.

2. Carentonien.

b. Kreidemergel mit *Belemnites plenus*, *Exogyra columba*, *Radiolites*, *Caprotina*.

a. Kreidemergel mit *Ammonites Rhotomagensis*, *Holaster subglobosus*, *Trigonia sulcataria*.

1. Rotomagien.

b. Kreidemergel oder Sande mit *Ammonites varians*, *A. Mantelli*, *Turritites costatus*.

a. Glaukonitmergel oder Grünsandstein mit *Pecten asper*, *Holaster subglobosus* (= *Tourtia*).

Die südliche Facies der oberen Kreide. Die obere Kreide Süd-europas, Nordafrikas, Kleinasiens, Persiens, ferner von Alabama, Texas und Mexiko kennzeichnet sich im Gegensatze zu derjenigen der nördlicheren Länder in erster Linie durch die üppige Entwicklung der Rudisten und ihrer Verwandten und zwar der Gattungen *Radiolites* (*Sphaerulites*), *Hippurites* und *Caprina*. Als häufigste Vertreter derselben sind zu nennen: *Hippurites organisans* Desm. (Fig. 544), *Hippurites Toucasianus* d'Orb. (Fig. 542), *Radiolites cornu-pastoris* d'Orb. (Fig. 544), *Caprina adversa* d'Orb. (Fig. 543). Zu ihnen gesellen sich das ceratitesähnliche Ammoniten-geschlecht *Buchiceras* (Fig. 540), ferner eine Anzahl Gastropoden (*Nerinea*, *Actaeonella*, Fig. 545) und Korallen (*Cyclolites* Fig. 508, *Leptoria* Fig. 509, *Turbinolia*, riffbauende *Maeandrina* und *Astraeiden*), ferner *Orbitulina* als Vertreter der gesteinsbildenden Foraminiferen.



Fig. 508. *Cyclolites ellipticus* Lam.
a von oben; b von der Seite.



Fig. 509. *Leptoria Koniacki*
Res.

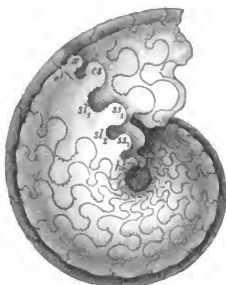


Fig. 510. *Buchiceras Ewaldi* v. B.



Fig. 511. *Radiolites cornupastoris* d'Orb.

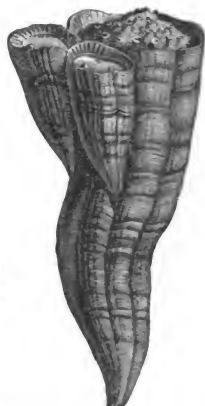


Fig. 512. *Hippurites Toucassianus* d'Orb.



Fig. 513. *Caprina adversa* d'Orb.



Fig. 514. *Hippurites organisaus* Desm.



Fig. 515. *Actaeonella gigantea* Sow.

Aus der oberen alpinen Kreide.

In den westlichen Alpen folgen auf die untere Kreide (s. S. 630) zunächst dichte, hellfarbige, zuweilen Hornsteinknollen führende Kalke, die Seewenkalke und darüber die fleckigen Seewenmergel (Fig. 549), beide mit charakteristischen Cenoman- und Turonversteinerungen, zu oberst Grünsandbänke, diese mit senonen Resten. Nach Osten zu, etwa vom Lechthale aus, werden diese Seewenbildungen ersetzt von Orbitulinenmergeln (Cenoman) und über diesen von einem mächtigen Schichtencomplex von Sandsteinen und Mergeln, den Gosauschichten (Turon, Untersenon, jedoch mit *Actaeonella*, *Nerinea*, *Cyclolites*). Innerhalb dieser Gosauschichten stellen sich Bänke von Rudistenkalk ein, welche nach und nach die übrigen Gesteine ganz verdrängen und dann die gewaltigen Massen von Rudistenkalk der Südalpen, Istriens und Dalmatiens bilden und sich als solche nach Griechenland (hier z. T. in Marmor metamorphosiert), Süditalien, Kleinasien, Arabien, Persien, Turkestan und dem Himalaya zu erstrecken. In Istrien, Krain und Dalmatien werden die Rudistenkalke von kohlenführenden Brack- und Süßwasserbildungen, den Cosina-Schichten (Liburnische Stufe Stache's) überlagert.

Eine durchaus abweichende Facies der Kreideformation und zwar sowohl der unteren und oberen Abteilung nebst dem älteren Tertiär repräsentiert der Flysch der östlichen Nordalpen. Derselbe, eine mächtige Schichtenreihe von versteinerungsarmen Sandsteinen, Mergeln und Schieferthonen, ist in den Westalpen nur der Vertreter des Alttertiärs, nach Osten zu aber nimmt auch dessen Liegendes, also die Kreide mehr und mehr den Habitus des Flysches an, bis in den östlichsten Alpen (Wiener Wald) und den Karpathen die ganze Kreide als Wiener Sandstein und Karpathensandstein im Gewande des Flysches erscheint.

Im südlichen Frankreich (Rhônebecken) stellen sich Caprotinenkalke im Cenoman, Hippuriten- und Radiolitenkalke im Turon (im Angoumien; S. 639), sowie im unteren und im oberen Senon (im Campanien und Maëstrichtien) ein, meist getrennt durch normal ausgebildete Schichten der genannten Stufen, sowie überlagert von Brack- und Süßwasserabsätzen (dem Garumien).

Über die specielle Gliederung der beschriebenen 3 Abteilungen der oberen Kreide in zahlreiche Stufen, die Parallelisierung derselben und ihre verschiedenartige Facies giebt die tabellarische Zusammenstellung auf S. 642 einen Überblick.

Die Gliederung

	im nordwestlichen Deutsch- land (S. 637)	in Westfalen (S. 637)	im Aachen-Limburgischen Gebiet (S. 646)
Senon.	Danien: Saltholmskalke } Dänemarks. Faxekalke }		Kreidetuff von Maastricht.
	Schichten mit <i>Bel. mucronata</i> .	Mucronatenkreide: b. Stufe des <i>Heteroceras polyplocum</i> ; a. Stufe des <i>Amm. Coesfeldensis</i> .	Kreidemergel mit <i>Bel. mucronata</i> .
	Schichten mit <i>Actinocamax quadratus</i> .	Quadratenkreide: Stufe der <i>Becksia Soeklandi</i> .	Glaukonitische Sande mit <i>A. quadratus</i> und <i>Bac. incurvatus</i> .
	Schichten mit <i>Actinocamax granulatus</i> , <i>Amm. astartalis</i> , <i>Amm. clypealis</i> , <i>Inoc. lobatus</i> , <i>Inoc. cardissoides</i> , <i>Marsupites ornatus</i> .	c. Schichten von Dülmen mit <i>Scaph. binodosus</i> ; b. Quarzige Gesteine von Haltern mit <i>Pect. muricatus</i> ; a. Sandmergel von Recklinghausen mit <i>Marsup. ornatus</i> .	Aachener Sande mit <i>Inoc. lobatus</i> .
	Schichten mit <i>Belem. westfalicus</i> , <i>Amm. texanus</i> , <i>Inoc. digitatus</i> , <i>Inoc. involutus</i> .	Stufe des <i>Amm. Margae</i> = Emscher Mergel.	
Turon.	Schichten mit <i>Inoceramus Cuvieri</i> .	Zone des <i>Inoceramus Cuvieri</i> .	
	Schichten mit <i>Scaphites Geinitzi</i> , <i>Amm. peramplus</i> , <i>Spondyl. spinosus</i> , <i>Micr. breviperus</i> .	Zone des <i>Spondylus spinosus</i> = Scaphiten-Planer.	
	Weißer Kalke mit <i>Galerites albogalerus</i> , <i>Ter. Beckii</i> , <i>Inoc. Brongiarti</i> .	Zone des <i>Inoceramus Brongiarti</i> und <i>Amm. Woolgari</i> .	
	Rote Kalke mit <i>Inoc. Brongiarti</i> , <i>Inoc. labiatus</i> , <i>Ter. semiglobosa</i> .	Zone des <i>Inoc. labiatus</i> und <i>Amm. nodosoides</i> . Zone des <i>Actinocamax plenus</i> .	
Cenoman.	Schichten mit <i>Amm. Rhotomagensis</i> .	Zone d. <i>Amm. Rhotomagensis</i> und <i>Hol. subglobosus</i> .	
	Schichten mit <i>Amm. varians</i> , <i>Inoc. striatus</i> , <i>Holaster carinatus</i> .	Zone des <i>Amm. varians</i> .	
	Schichten mit <i>Amm. varians</i> , <i>Ostr. diluviana</i> , <i>O. carinata</i> , <i>Tourtia</i> oder Essener Grünsand.	Zone des <i>Pecten asper</i> u. <i>Catopygus carinatus</i> = <i>Tourtia</i> .	

der oberen Kreide

in Sachsen (S. 656)	in England	in Frankreich (S. 639)	Alpine und mediterrane Hippuriten-Horizonte
		Danien. Maëstrichtien.	
	Upper Chalk with Flints: Stufe der Bel. mucronata.	Campanien: Craie à Bel. mucronata.	Kalke mit Hippurites dilatatus u. biocu- latus. Provence, Pyre- næen.
	Stufe des Act. quadratus.	Craie à Act. quadratus.	
	Stufe des Marsupites ornatus und Micraster coran- guinum.	Santonien: Craie à Marsupites orna- tus und Micraster coran- guinum.	
	Stufe des Micraster cor- testudinarium.	Coniacien: Craie à Micr. cor-testu- dinarium mit Amm. tex- anus u. Inoc. involutus.	Gossauschichten mit Hippuritenkalcken. Hip- puritenkalke Südfrank- reichs mit Hipp. orga- nisanus, H. cornu- vaccinum u. Sphae- rulites radiosa u. squamosa.
Oberquader (Cuvieri- Quader?).	Lower Chalk with- out Flints: Schichten des Holaster planus.	Angoumien: Craie à Micr. breviporus.	
Stufe des Scaphites Geinitzi u. Sc. suri- tus: Thone und Mergel von Zatzschke.	Strehlener Pläner.		
Stufe des Inoceramus Brongniarti: Brongni- arti-Quader = Oberquader = Iersandstein. Pläner von Krietzschwitz. Glaukonitsandsteine mit Rhynch. bohemia.		Craie à In. Brongniarti. Craie à Ter. gracilis.	
Stufe des Inoceramus labiatus: Labiatus-Qua- der = Mittelquader, über- gehend in Labiatus-Pläner = mittlerer Pläner.		Ligérien: Craie à Inoc. labiatus; Amm. nodosoides.	
Stufe der Ostrea cari- nata: Carinaten-Quader = Unterquader, übergehend in Grünsande, sowie in Carina- ten-Pläner = unterer Pläner.	Schichten des Bel. ple- nus und Holaster sub- globosus. Chloritic Marl, Upper Greensand.	Carentonien: Marne glauconifère et blanche à Bel. plenus. Calcaire à Am. rhotoma- gensis.	Kalke mit Caprina ad- versa. Südfrankreich.
Stufe der Cretacien: Pflanzenführende Schichten von Niederschöna u. a. O.	Schichten d. Pecten asper.	Rotomagien: Marne glauconieuse à Amm. varians. Sables verts à Pect. asper (Tourtia).	

Einiges über die geographische Verbreitung der Kreide. Ähnlich wie innerhalb der Juraperiode hat auch in der Mitte des cretacäischen Zeitalters eine großartige Transgression des Kreidemeeres über das Verbreitungsgebiet der älteren Kreideformation hinaus stattgefunden. Infolge dessen ist es eine sich auf allen Continents wiederholende Erscheinung, dass die Schichten der oberen Kreideformation auf weite Erstreckung in übergreifender Lagerung discordant auf viel älteren Gesteinen lagern, so z. B. in Sachsen und Böhmen direct auf Granit, archaischen und paläozoischen Schiefeln, in Westfalen und Belgien auf dem Carbon, in Schottland und im westlichen Teile des Pariser Beckens auf dem Jura, in Schonen auf dem Silur. Ähnliche transgredierende Lagerungsverhältnisse lassen sich in Nordamerika, in Indien und Vorderasien sowie in Australien beobachten.

In Europa hat die Kreide in England, Frankreich und Deutschland ihre größte Verbreitung und vollständigste Entwicklung erlangt. Bei Besprechung des Jura ist gezeigt worden, dass derselbe in England eine breite Zone bildet, welche in fast genau nördlicher Richtung vom Canal bis zur Ostküste der Insel verläuft. Der Untergrund des ganzen, östlich von dieser Jurazone liegenden Territoriums besteht aus Kreide, wird freilich zum Teil von Tertiärablagerungen verborgen. Die Schichten der cretacäischen Formation lagern hier gleichförmig auf denen des obersten weißen Jura auf und fallen wie diese nach Osten ein, nur in den zwischen der Themse und dem Canal gelegenen Landstrichen von Kent, Sussex und Essex findet eine Störung der sonst so regelmäßigen Lagerung durch eine flach kuppelförmige Erhebung der Purbeck- und Wealdenformation statt, an welche sich die Schichten der jüngeren Kreide anschmiegen und allseitig von dem Centrum abfallen, so dass sich ein normal antiktinaler Schichtenbau einstellt. Auf dem Scheite dieser Schichtenwölbung wurde behufs Erforschung des dortigen geologischen Baues ein Bohrloch von etwa 2000 F. Tiefe geschlagen, welches combinirt mit den oberflächlichen Aufschlüssen folgendes Profil ergab:

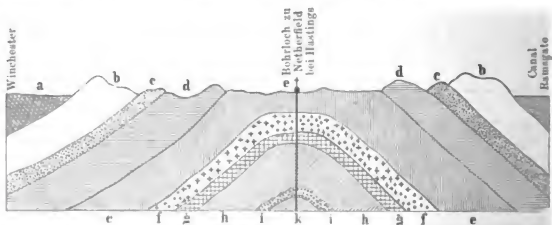


Fig. 516. Profil durch den Wealden des südöstlichen Englands.

a Tertiär; b obere Kreide; c oberes Neocom und Gault; d Wealdenclay; e Hastingsbeds; f Purbeck
g Portland; h Kimmeridge; i Korallenoolith; k Oxfordthon.

Die Kreide beginnt im Süden Englands mit den Sandsteinen und Thonen des Wealden, im Norden mit dem marinen Unter-Neocom, auf welche dem oberen marinen Neocom angehörige Glaukonitmergel (lower greensand) und die Schieferthone und plastischen Thone des Gaults folgen. Das Cenoman ist durch eine zweite Ablagerung von Glaukonitmergeln (upper greensand), das Turon durch Kreidemergel repräsentiert, während das Senon durch die in ihrem obersten Horizonte feuersteinreiche weiße Schreibkreide gebildet wird, aus welcher die grotesken Felsufer bei Dover und Brighton bestehen. Die Versteinerungsführung und specielle Gliederung dieser Schichten ergibt sich aus der S. 643 gegebenen tabellarischen Übersicht.

In Frankreich bildet die Kreideformation drei große Becken. Das nördlichste derselben (das Pariser Becken), welches hauptsächlich durch die Seine und Loire entwässert wird, repräsentiert eine flach tellerförmige Schale, deren äußere Ränder sich an jurassische Schichten anlagern, deren innere Vertiefung von Tertiärgebilden ausgefüllt wird und in deren Centrum Paris liegt. Die Kreide Englands ist nichts als der nordwestliche Flügel dieser großen nordfranzösischen Mulde. Ihre einzelnen Formationsglieder haben mit localen Modificationen den normalen Charakter aller nördlichen Kreidebildungen (s. Tabelle S. 643). Der zweiten, aber bedeutend kleineren Mulde der französischen Kreide gehört das Flussgebiet der Garonne an. Sie lehnt sich mit ihrem nördlichen Flügel an das granitische Centralplateau Frankreichs, mit ihrem südlichen Flügel an die Centralkette der Pyrenäen an. Ihr ganzer petrographischer und paläontologischer Charakter ist bereits der der südlichen Kreidefacies. Dieser offenbart sich einerseits in dem Auftreten harter, dichter oder krystallinischer Kalksteine, anderseits in dem Reichtum an Hippuriten, welche vier verschiedene Horizonte der dortigen cretacäischen Schichtenreihe anfüllen und in jedem derselben durch andere Formen vertreten werden. So beteiligen sich im oberen Neocom *Caprotina ammonia* und *Capr. Lonsdalei*, — im Cenoman *Caprina adversa*, — im Turon *Hippurites organisans*, *H. cornuacinnum*, *Radiolites lumbricalis*, — im Senon *Hippurites bioculatus*, *canaliculatus* und dilatatus an der Bildung mächtiger Kalkablagerungen. Einer dritten Bucht des cretacäischen Oceans entsprechen die Kreideschichten am unteren Laufe der Rhône im südöstlichen Frankreich, die sich ebenfalls an die Granite des Centralplateaus anlagern und dann in nordöstlicher Richtung über Genf bis Neuchatel im Schweizer Jura und am Nordabhange des Alpenzuges durch Bayern und Tirol bis Salzburg und Österreich in Form einer schmalen Zone fortsetzen. In letzterer sind sämtliche Glieder der Kreideformation und zwar in typisch südlicher Facies mit reichlicher Entwicklung der Caprotinen- und Hippuritenkalke, ferner der Orbitulinenkalke vertreten (s. S. 630 u. 644). In den östlichen Südalpen, Istrien

und Dalmatien wird die untere Kreide fast ausschließlich von Caprotinenkalk, Majolica und Biancone (dichten Plattenkalken), die obere von Radioliten- und darüber von Hippuritenkalk oder an deren Stelle von Scaglia (dünnbankigen Kalksteinen) aufgebaut. Eine eigentümliche Facies der gesamten Kreide repräsentiert der Wiener Sandstein (Karpathensandstein, Flysch, Macigno), ein eisenschüssiger kalkiger Sandstein mit Fucoiden und Inoceramen, der im ganzen ostalpinen Kreidegebiete eine große Verbreitung besitzt*).

Kehren wir zur nördlichen Kreidezone zurück. Von England und Frankreich aus lässt sich dieselbe durch Belgien, Westfalen und das nordwestliche Deutschland verfolgen, hebt sich am Nordabfalle des Riesengebirges in isolierten Partien aus dem Diluvium und bildet erst wieder in Oberschlesien und Polen, sowie an dem nördlichen Fuße der Karpathen größere Areale. Zwar ist sie unter der ganzen norddeutschen Tiefebene verbreitet, hier aber von mächtigen Tertiär- und Diluvialablagerungen bedeckt, aus welchen sie nur an wenigen Punkten, so z. B. bei Lüneburg, auf Rügen und auf Wollin, in kleinen, inselförmigen Flecken hervorragt. Südlich von dem Riesengebirge und den Sudeten breitet sie sich als böhmisches Kreidebecken aus und erstreckt sich von hier als Quadersandsteinformation des Elbthalgebirges bis jenseits Dresden. Trotz des wahrscheinlichen, wenn auch verborgenen Zusammenhanges aller dieser deutschen Kreidegebiete besitzt doch jedes dieser letzteren eine ganz eigentümliche Facies, eine Erscheinung welche darauf beruht, dass einerseits in verschiedenen Gegenden in Folge der S. 644 erwähnten Transgression nur die oberen Glieder der gesamten Schichtenreihe zur Ablagerung gelangt sind, anderseits der petrographische Charakter selbst der entsprechenden Gesteinscomplexe ein verschiedenartiger ist, und endlich der organische Habitus nicht überall ganz derselbe bleibt, sondern localen Modificationen unterworfen ist. Es lassen sich folgende Gebiete und zugleich Facies der Kreide Norddeutschlands und der angrenzenden Landstriche benachbarter Länder unterscheiden, über welche in der Tabelle auf S. 642 und 643 eine vergleichende Übersicht gegeben ist:

1. Das Kreidegebiet von Mastricht und Aachen**). Hier ist ausschließlich das Senon zur Ablagerung gelangt, welches zu unterst aus dem Aachener Sand, losen Sanden mit zahlreichen Thonlagen besteht, reich an Landpflanzen***); *Inoceramus lobatus*, *Card. pectiniforme*. Darüber

* F. Toulou. N. Jahrb. 1893. II. S. 79.

** J. Böhm. Der Grünsand v. Aachen. Bonn 1885 (mit ausführl. Litt.). — E. Holzappel. Z. d. D. geol. Ges. 1884. S. 434, u. 1885. S. 595. — Ders. Palaeontogr. XXXIV. 1887, u. XXXVI. 1889.

*** Debey u. Ettlinghausen. Denkschr. Akad. Wien. XVI. 1859; XVII. 1860. — Th. Lang. Z. d. D. geol. Ges. 1890. S. 658.

folgen die glaukonitischen Sande des Lousberges und Aachener Waldes mit *Actin. quadratus*, darauf weiße Kreidemergel mit *Bel. mucronata* (Schneeberg) und zu oberst der Mastrichter Kreidetuff. Letzterer ist angefüllt von Bryozoën, z. B. *Eschara*, und außerdem reich an obersenenen Tierresten (S. 636).

2. Das Kreidegebiet Westfalens und des Teutoburger Waldes. In ihm sind sämtliche 5 Stufen der Kreideformation vertreten. Der Teutoburger Wald besteht z. T. aus Sandsteinen des Neocom*) sowie aus dem vollständigentwickelten Gault, z. B. bei Altenbecken**), und aus cenomanem und turonem Pläner in steiler oder überkippter Stellung, infolge deren sie den zu einem engen Sattel zusammengeschobenen Muschelkalk und Keuper unterteufen (Fig. 517). Auch in der westlichen Fortsetzung des

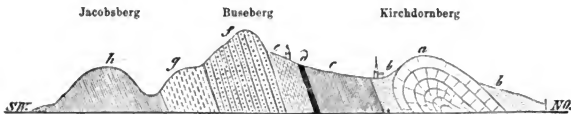


Fig. 517. Profil des Teutoburger Waldes bei Kirchdornberg. Nach F. Römer.
a Muschelkalk; b Keuper; c Lias; d Serpulit; e Wealdenton; f Neocomsandstein; g Gault; h Pläner.

Teutoburger Waldes bei Rheine und in den Bentheimer Bergen tritt die untere Kreide in ähnlicher Ausbildung wie dort aus dem Schwemmlande hervor. Südlich vom Teutoburger Walde, in Westfalen, erlangt die cretaceische Schichtenreihe eine außerordentlich große Verbreitung, beginnt aber hier infolge der Transgression der oberen Kreide direct mit dem Essener Grünsande, einer Äquivalentbildung der belgischen Tourtia. Die Gliederung der darauf folgenden Schichtenreihe ist aus S. 637 und der Tabelle S. 642 ersichtlich. Nach Schlüter ist die Schichtengruppe zwischen dem Cuvieri-Pläner und den Quadratenschichten, die eine bis über 500 m anschwellende Mächtigkeit erreicht, als eine selbständige Stufe zu betrachten, und als Emscher Mergel bezeichnet worden. Dieselben sind charakterisiert durch *Ammonites Margae*, *Amm. Texanus*, *Amm. tricarınatus*, *Turrilites plicatus*, *Inoceramus digitatus*, *Inoc. subcardissoides*.

3. Das Kreidegebiet des nordwestlichen Deutschlands (das niedersächsische Kreidegebiet). In meist gleichförmiger Auflagerung auf den obersten Schichten des weißen Jura tritt die Kreideformation in ihren sämtlichen Gliedern vom Neocom und Wealden bis zum Senon entwickelt im nordwestlichen Deutschland auf (s. S. 628, 637). Sie erstreckt sich den Fuß der Weserkette und des Deisters entlang nördlich und nordöstlich

* O. Weerth. Pal. Abh. Bd. II. Heft 4. Berlin 1884. — F. Römer. l. c.

** C. Schlüter. Z. d. D. geol. Ges. 1866. S. 53.

vom Harz bis in die Gegend von Aschersleben und füllt außerdem einzelne isolierte Mulden aus, so die Hilsmulde *) und die Kreidemulde von Alfeld. Während am Nordrande des Wesergebirges bis westlich von Hannover nur die untersten Glieder der Kreide bekannt sind und nur local, so bei Lemförde, von Senonschichten überlagert werden, erscheint die Kreideformation bei Hannover und in ihrer weiteren Verbreitung gegen Osten hin in einzelnen isolierten, oder nur durch die untersten Schichten der Gesamtformation verbundenen Mulden, in welchen die sämtlichen Glieder der Formation entwickelt sind, so bei Ahlten, Peine, Braunschweig, ebenso auch in der lang ausgedehnten Mulde am nördlichen Harzrande zwischen Hornburg und Aschersleben, wo jedoch der petrographische Charakter der Formation durch das Auftreten von Quadersandsteinen an Stelle der im übrigen nordwestlichen Deutschland vorherrschend thonigen und mergeligen Gebilde (s. S. 634) in ganz eigentümlicher Weise beeinflusst wird **). Auch die Klippenregion an der Küste von Helgoland besteht außer aus triadischen Schichten (s. S. 542) sowohl aus Thonen des Neocom und Gault (Töck), wie aus Plänerkalk und Schreibkreide des Cenoman, Turon und Senon ***). Dahingegen ist in der aus dem Diluvium aufragenden Trias-Kreide-Insel von Lüneburg nur die Schichtenfolge der oberen Kreide von der Tourtia bis zur oberen Mucronatenkreide, jedoch in vollständigem Zusammenhange entwickelt †).

Interessant sind die kleinen Kreideschollen des Ohmgebirges nördlich von Stadt Worbis ††). Sie lagern direct auf der Trias auf, bestehen aus 10 m mächtigen Grünsanden der Tourtia und 15 bis 18 m mächtigem Pläner mit Ammonites varians, sind also cenoman, haben früher mit den niedersächsischen Kreideablagerungen in Zusammenhang gestanden und sind der allgemeinen Abtragung entgangen.

4. Das Gebiet der haltischen Kreide. Dasselbe umfasst die isolierten Aufschlusspunkte dieser Formation in Pommern, auf Wollin, Rügen †††, in der Provinz Preußen, in Mecklenburg, Oldenburg, Schleswig-Holstein *††,

* G. Böhm. Z. d. D. geol. Ges. 1877. S. 215.

** Beyrich. Z. d. D. geol. Ges. 1849. S. 329, u. 1854. S. 368 u. 572. — Dames. ebend. 1880. S. 685. — G. Müller. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1887. S. 372. — W. Dames. N. J. 1890. I. S. 176. Vergl. ferner: D. Brauns. Z. f. d. ges. Nat. Halle 1876. S. 315. — Fr. Frech. Z. d. D. geol. Ges. 1887. S. 141. — E. Schulze. Flora d. subhercyn. Kreide. Halle 1888.

*** W. Dames. Sitzber. d. k. pr. Akad. d. Wiss. Berlin. 7. Dec. 1893.

† A. v. Strombeck. Z. d. D. geol. Ges. 1863. S. 97. — E. Stolley. Arch. f. Anthrop. u. Geol. Schlesw.-Holsteins. I. H. 2. 1896. S. 139.

†† K. von Seebach. Nachr. v. d. k. Gesellsch. d. Wiss. z. Göttingen. 1868. S. 130. Ferner: Sect. Worbis d. geol. Spec.-Karte von Preußen.

††† W. Deecke. Die mesoz. Formationen d. Prov. Pommern. Greifswald 1894. S. 27.

*† E. Stolley. Die Kreide Schleswig-Holsteins. Kiel 1894 u. l. c. S. 133.

auf den dänischen Inseln und im südlichen Schweden, wo fast ausschließlich die obersten Stufen der Kreide und zwar zum Teil in Gestalt steile Abstürze bildender, weißer Schreibkreide zur Ablagerung gelangt sind. Die Schreibkreide von Rügen gehört dem Senon, die schwefelkies- und feuersteinreiche Kreide von Wollin mit *Holaster planus* und *Inoceramus Brongniarti* dem Turon (*Scaphitenpläner*), der Glaukonitmergel von Revahl dem Emscher an. In Greifswald sind nach Dames*) im Liegenden des dortigen Senons Schichten des Turons, Cenomans und Gaults, letztere mit *Belemnites minimus* erhohrt worden. In Mecklenburg treten an zahlreichen isolierten Punkten cenomane und turone Pläner sowie oberturone und senone Feuerstein-Kreidekalke, Mergel und Thone zu Tage**), ebenso in Ost- und Westpreußen obersenone Glaukonitbildungen. Auf Seeland wird die Schreibkreide von den S. 636 erwähnten Korallenkalken von Faxe und dem feuersteinführenden Saltholmskalk bedeckt. Nach Schlüter und Lundgren***) gliedert sich die Kreideformation Schwedens wie folgt:

Danien:

Saltholmskalk mit *Ananchytes sulcata*;

Faxekalk mit *Dromien* und *Naut. danicus*;

Obersenon:

Köpinger Sandstein und Tullstropser Schreibkreide mit *Bel. mucronata*;

Trümmerkalk (Gruskalk) von Ignaberga u. Balsberg mit *Actinocamax mamillatus*;

Untersenon:

Schichten von Röd Mölla und Eriksdal mit *Actinocamax granulatus*;

Untere Mergel von Kullemölla mit *Actin. westfalicus*.

5. Das Gebiet des mitteldeutschen und böhmischen Quaders.

Ihm gehören die cretacäischen Formationen Sachsens, Böhmens, der Grafschaft Glatz und der Umgebung von Löwenberg in Niederschlesien, sowie der Gegend von Regensburg und Passau an. Dieselben repräsentieren, ähnlich wie in Westfalen, nur die drei oberen Stufen der Kreide, sind jedoch, namentlich was ihren Gesteinscharakter betrifft, von jenen vollkommen verschieden ausgebildet. Es beruht dies vorzüglich auf der enormen Entwicklung des Quadersandsteines in jeder der drei obercretacäischen Stufen, welcher u. a. die bekannten Felspartien der sächsisch-böhmischen Schweiz, des lausitzer Gebirges, von Adersbach und Weckelsdorf, der Heuscheuer zusammensetzt.

Die obere Kreide des sächsischen Anteiles der böhmischen Quaderprovinz gliedert sich nach den neuesten, sich auf die grundlegenden

*) Z. d. D. geol. Ges. 4874. S. 978.

**) E. Geinitz. Flötzformationen Mecklenburgs. Güstrow 1883. S. 38; IX. Beitr. z. Geol. Mecklenburgs. 1887. S. 46; XVI. Beitr. z. Geol. Meckl. 1897. S. 275.

***| Schlüter. N. Jahrb. 1870. S. 930. — Lundgren. Lunds Univ. Arsskr. XXIV. 1888.

Arbeiten von H. B. Geinitz stützenden Specialuntersuchungen jenes Gebietes *) von oben nach unten wie folgt (vergl. Profil Fig. 518).

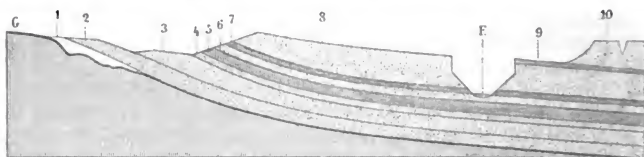


Fig. 518. Profil durch die obercretaceische Quaderformation des Elbthalgebirges. F = Elbe oberhalb Pirna; — G Grundgebirge; — 1—10b = Stufen der Quaderformation. Die Zahlen sind die nämlichen wie in der bestehenden textlichen Gliederung.

Turon.

f. Stufe des *Inoceramus Cuvieri*.

10b. Thonmergel mit *Inoceramus Cuvieri* Sow. Nur südöstlich des erzgebirgischen Abbruchs entwickelt. Wahrscheinlich ist ihm äquivalent

10. der Überquader, der in der sächsischen Schweiz dem Scaphiten-Horizonte in steilen Einzelbergen aufgesetzt ist.

e. Stufe des *Scaphites Geinitzi*.

9. Mergel und Thone der Copitzer Ebenheit, von Zatzschke, Oberposta und Bodenbach mit *Sc. Geinitzi*, *Sc. auritus*, *Inoceramus latus* und *Baculiten*.

d. Stufe des *Inoceramus Brongniarti*.

8. Brongniarti-Quader (Oberquader, Irsersandstein) mit *In. Brongniarti*, *Lima canalifera*, *Vola quadricostata*, *Exogyra columba*, *Rhynchonella plicatilis*. In ihn ist das Elbthal eingeschnitten, ebenso bildet er die Gipfelschichten des Hohen-Schneebergs.

7. Mergel des oberen Thallandes der Gottleuba; versteinerungsleer.

6. und 4. Glaukonitsandstein mit *Rhynchonella bohémica* Schloenb. (Pirna, Cotta'er Berg, Rosenthal, Hoher Schneeberg. Zwischen denselben schiebt sich

5. Pläner mit *In. Brongniarti* u. *Spondylus spinosus* (Hoher Schneeberg, Krietzschwitz, Cotta'er Berg, Copitz) ein.

c. Stufe des *Inoceramus labiatus*.

3. Labiatusquader (Mittelquader, Bildhamersandstein) mit *Inoc. labiatus*, *Pinna decussata*. Zu unterst oft mergelig und thonig, nach NW zu kalkig werdend und in Labiatuspläner, Mittelpläner, übergehend.

Cenoman.

b. Stufe der *Ostrea carinata*.

2. Carinatenquader (Unterquader, mit *Ostrea carinata*, *Ostr. hippopodium*, *Ostr. diluviana*, *Exogyra columba*, *Ex. hallotoidea*, *Inoceramus striatus*, *Trigonia sulcata*, *Protocardia hillana*, kleinen Radioliten. Zu oberst local Hornsteine oder Plänersandsteine mit *Cidaris Sorigneti*. Bisweilen mit Bänken von groben Conglomeraten. Solche und Muschelbreccien füllen local Spalten und Vertiefungen des Untergrundes aus. Der Carinatenquader kann ganz oder teilweise verdrängt werden durch den

Carinatenpläner Unterpläner.

*) Geol. Spec.-Karte v. Sachsen. Sect. Freiberg u. Tharandt von A. Sauer, — Sect. Glashütte u. Rosenthal v. F. Schalch, — Sect. Berggiesshübel, Pirna, Großer Winterberg und Königstein v. R. Beck.

a. Stufe der Crednerien.

1. Dunkle, dünnplattige Sandsteine und Schieferthone mit Laubholz-Blättern und Kohlenschmitzen. Nur local. (Pflanzenführende Schichten von Niederschöna, Paulshain). Verknüpft mit Grundconglomeraten und Kiesen.

Schon in der Nähe von Pirna beginnen sämtliche sandige Gesteine des Turons, also Labiatus-Quader (3), Brongniarti-Quader (8) und Glauconitsandsteine (4 und 6) in zuerst sandige, dann reinere Mergel und Plänerkalke überzugehen. Weiter nach Westen verschwinden sie ganz (Dresden, Strehlen, Weinböhla), um ausschließlich kalkigen und mergeligen Gebilden Platz zu machen (vergl. Fig. 520). Diese überlagern hier als Labiatus-Mergel (mittlerer Pläner, Plänermergel) und darüber als Brongniarti- und Scaphitenpläner (oberer Pläner, Strehlemer Pläner) mit *Micraster cortestudinarium*, *Terebr. semiglobosa*, *Terebratulina gracilis*, *Rhynch. plicatilis*, *Inocer. Brongniarti*, *Spondylus spinosus*, *Ammonites perampus* den cenomanen Carinaten-Pläner oder dessen Glauconitsandstein-Facies (z. B. bei Dresden und Oberau).

6. Das Kreidegebiet Oberschlesiens, der Nordkarpathen und Polens*). In dem äußersten Osten Deutschlands und den angrenzenden Teilen Polens, Mährens und Galiziens hat die Kreideformation eine sehr bedeutende Verbreitung und umfasst in Übereinstimmung mit der des nordwestlichen Deutschlands und im Gegensatz zu den dazwischen liegenden sächsisch-böhmischen Ablagerungen die sämtlichen Glieder der Gesamtformation vom Neocom bis zum Senon, jedoch mit weit übergreifender Lagerung der einzelnen obercretacäischen Stufen. Das Neocom und der Gault sind ausschließlich innerhalb der Nordkarpathen, Cenoman und Turon in der Umgegend von Oppeln und Leobschütz in Oberschlesien, die senonen Gebilde vorzugsweise in Polen, weniger deutlich bei Oppeln zur Entwicklung gelangt. Das Karpathen-Neocom wird durch ein mächtiges Schichtensystem von Mergeln, Schiefern und Kalksteinen repräsentiert, welches das Hügelland der Umgebung von Teschen zusammensetzt. Sein oberstes Niveau repräsentieren die *Pterophyllum*, *Zamites*, *Sequoia* führenden, sowie an *Crioceras* und *Ancyloceras* reichen Wernsdorfer Schichten, — den Gault die *Belemnites minimus* führenden Sandsteine des Godula-Berges, welche die Zone südlich von dem Teschener Neocom bilden. Das Cenoman ist durch Sandsteine mit *Protocardia hillana* und *Exogyra columba* bei Leobschütz und durch sandige Kalke mit *Amm. Rhotomagensis* und *Inoceramus striatus* bei Oppeln und Leobschütz, das Turon durch die Kreidemergel von Oppeln vertreten, während das Senon, abgesehen von versteinungsarmen Sandsteinen nahe der letztgenannten Stadt, auf der Ostseite des polnischen Jura-zuges eine große Verbreitung findet.

* F. Römer. l. c. — Vergleiche auch G. Gürich. Erl. z. geol. Übersichtskarte von Schlesien. Breslau 1890. S. 430.

Kurz mag schließlich noch die Bemerkung Platz finden, dass im europäischen Russland die sich an die oberjurassische Wolgastufe innig anschließende obere Wolgastufe (unteres Neocom mit *Bel. subquadratus*, *Aucella volgensis* und *Kayserlingi*; — oberes Neocom mit *Ammonites versicolor* und *Decheni*; Aptien mit *Amm. Deshayesi*) enorme Flächen im Gouv. Simbirsk, und der Gegend von Moskau und der Petschora bedeckt, und sich von hier aus über die borealen Randgebiete Sibiriens bis zu den Aleuten ausdehnt, während die obere Kreide im nördlichen Russland nicht zur Ablagerung gelangte*).

Auch auf dem nordamerikanischen Continente bildet die Kreideformation außerordentlich große Areale**). Eine Zone derselben zieht sich in einer Breite von 2 bis 6 deutschen Meilen, freilich an vielen Stellen durch Überlagerungen von jüngeren Gebilden unterbrochen, von der Stadt New-York aus durch die flachen Küstenstriche von New-Jersey, Delaware, Virginia und die beiden Carolinas, wendet sich dann an dem südlichen Ende des Alleghanysystemes durch Georgia und Alabama und breitet sich in dem Mississippithale zu einer weiten flachen Bucht aus, welche in nördlicher Richtung bis an den Zusammenfluss des Ohio und Mississippi reicht und einen großen Teil der Staaten Texas, Louisiana, Tennessee und Kentucky sowie von Mexiko umfasst. Am genauesten ist die Kreide von Texas (durch F. Römer) und von New-Jersey mit der europäischen verglichen worden. Der paläontologische Gesamtcharakter der Kreide von New-Jersey ist ein ausgesprochen nördlicher und besitzt eine überraschende Ähnlichkeit mit dem des Senons von Maastricht und Aachen, indem beide etwa 40 Arten tierischer Reste gemeinsam haben und außerdem noch einige andere Species durch nah verwandte Formen vertreten sind***). Ältere Kreidegebilde, als senone, sind an der atlantischen Küste nur local bekannt. So enthält die in Maryland und Virginia als Basisschichten der Kreideformation auftretende, als alteretacäisch (Wealden) angesprochene Potomac-Gruppe die ältesten bisher bekannten Laubholzblätter (vergl. S. 615 u. 626). Die texanische obere Kreide erhält durch ihren Reichtum an Hippuriten, Orbitulinen und Nerineen, sowie durch die Führung von *Buchiceras* einen südlichen (alpinen) Habitus, und wird von den korallenreichen Rudistenkalken der Comanche-Gruppe unterlagert. Im Inneren des nordamerikanischen Continentes gewinnt die Kreideformation und zwar hauptsächlich in terrestrer, limnischer und brackischer, an Kohlen- und Lignitflötzen reicher Ausbildungsweise eine außerordentliche Verbreitung, setzt die Ebenen am Ostfuße der Rocky Mountains, sowie Teile der letzteren selbst zusammen und erstreckt sich

* A. Pavlov. Quart. Journ. Geol. Soc. London. 1896. S. 512.

** Ch. A. White. Bull. U. S. geol. Survey. No. 82. 1891.

*** H. C. d. Z. d. D. geol. Ges. 1870. S. 494.

weit nach Norden bis nach der arktischen See. Ihre untersten Stufen, die Great-Falls- und die Kootanie-Gruppe repräsentieren die ältere Kreide und zeichnen sich durch die Führung von Landpflanzen vom Charakter der Wealdenflora aus (s. S. 626). Darauf folgen mächtige Sandsteine z. T. mit Laubholzblättern (Dacota-Sandsteine), dann Mergel und Kalke (Colorado- und Montana-Gruppe) mit cenomanen und turonen marinen Resten (Inoceramen, Scaphiten, Baculiten, Belemniten) und auf diese die Laramie-Gruppe mit zahlreichen Kohlenflötzen, reicher Landflora und riesigen, z. T. gehörnten Dinosauriern (Ceratopsiden), — ein Schichtensystem, welches den Übergang zum Tertiär vermittelt. Endlich wird die pacifische Küste Nordamerikas von Alaska aus durch British Columbia bis nach California von einem cretacäischen Streifen begleitet. Derselbe besteht zu unterst aus Vertretern des Neocom und Gault, der Shasta-Gruppe (mit Aucella, Ancyloceras und Crioceras), während die obere Kreide wesentlich nur durch die jüngste cretacäische, marine Chico-Tejon-Gruppe repräsentiert wird, in der sich der Übergang zum Tertiär vollzieht.

Aus der obercretacäischen Schichtenreihe der Halbinsel Noursoak in Nordgrönland ist von Heer eine Flora beschrieben worden, an welcher Laubhölzer einen nicht unbeträchtlichen Anteil nehmen, bereits sehr verschiedene Typen repräsentieren und z. B. den Geschlechtern *Populus*, *Ficus*, *Sassafras*, *Credneria* und *Magnolia* angehören. Aus der unteren Kreide von Kome in Nordgrönland führt Heer 30 Farne, 9 Cycadeen und 17 Coniferen auf, welche auf ein Klima hinweisen, wie es heute in Ägypten und auf den canarischen Inseln herrscht.

Lagerungsverhältnisse der Kreide. Die Schichten der Kreideformation nehmen in dem bei weitem größten Teile ihrer Verbreitungsgebiete noch ihre ursprüngliche Lagerungsform ein. In diesem Falle dehnen sie sich horizontal aus, senken sich sanft nach einer Richtung oder bilden flache Mulden in gleichförmiger oder discordanter Lagerung auf dem Jura oder noch älteren Schichten. Beispiele für derartige Lagerungsverhältnisse liefert das Senon von New-Jersey, welches dem Auge fast vollkommen horizontal erscheint, ferner der Quadersandstein und Pläner Sachsens, welche fast überall ganz flach geneigt sind, während z. B. bei Alfeld in Hannover, bei Löwenberg in Schlesien, in dem nördlichen Kreidebecken von Frankreich und England ausgezeichnete Muldenbildungen bekannt sind. An noch anderen Punkten, so bei Lüneburg, lagern sich die Schichten der Kreide mantelförmig um einen Kern von älteren Gesteinen, an dieser Stelle Trias, von welchem sie allseitig flach nach außen abfallen. Hingegen sind großartige Störungen der cretacäischen Schichtenreihe, infolge deren diese geknickt, zerrissen oder überkippt erscheint, überall dort anzutreffen, wo sie an den gebirgsbildenden Faltungen teilzunehmen gezwungen worden ist. So wurden die Kreideschichten der Pyrenäen und Karpathen, namentlich aber

der Alpen den compliciertesten Windungen, Faltungen und Überschiebungen unterworfen (siehe Fig. 48 und 49, S. 173, ferner Fig. 519).



Fig. 519. Profil an der Kessler Alp in den bayerischen Alpen. Nach Gumbel.

a Neocom; b Schrattenkalk; c Gault; d Seewenkalk; e Seewenschiefer.

Zu den großartigsten Dislocationen Centraleuropas gehört die Empor-
drängung des Lausitzer Granites und
des Meißner Syenites in das Niveau
der oberen Kreide der sächsisch-böh-
mischen Provinz und die locale Über-
schiebung derersteren über den Nord-
rand der letzteren, wie sie sich von
Oberau bei Meißen bis zum Jeschken-
Gebirge, also auf eine Erstreckung

von 15 bis 16 deutsch. Meilen vollzogen haben. Local, so bei Weinböhla (Fig. 520), sind die cretacäischen Schichten von dem sich überschiebenden Syenit vollständig umgebogen und überkippt worden. An anderen Stellen

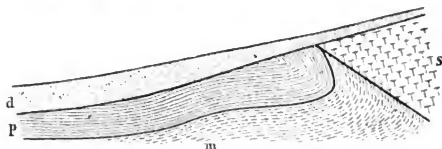


Fig. 520. Überschiebung des Syenites über turone Kreide bei Weinböhla unweit Dresden.

S = Syenit; m = Mergel mit *Inoceramus labiatus*; p = Streblener Pläner (vergl. S. 651); d = Diluvialsand. Nach dem Aufschlusse i. J. 1890 von Th. Siegerl.

z. B. bei Hohnstein, Saupsdorf, Zeidler, Daubitz sind Fetzen des hier die Kreide unterlagernden Jura über den Quader hinweg geschleppt worden

und bilden jetzt dessen Hangendes, über welches wiederum der Granit hinweggreift (S. 607).

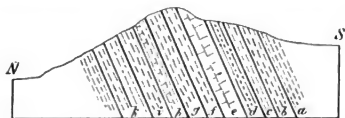


Fig. 521. Profil durch die überkippten Kreide- und Jura-Schichten des Langenberges bei Goslar. Nach Heinrich Credner.

k Hilsthon	} Untere Kreide.
i Hilsconglomerat	
h, g und f Oberster Kimmeridge	} Weißer Jura.
e Pteroceras-Schicht	
d und c Unterster Kimmeridge	
b und a Oxford	

Auch am nordöstlichen Rande des Harzgebirges wiederholen sich ähnliche Erscheinungen. In dem Landstriche zwischen Harzburg und Goslar hat eine vollkommene Überkipfung der Schichten der Trias, des Jura und

der Kreide vom Buntsandstein bis zum Senon stattgefunden, so dass die jüngere Kreide den älteren Jura unterteuft, und die unterste Kreide, der

Hils, von dem obersten weißen Jura überlagert wird, — wie dies besonders deutlich am Langenberge, dessen Profil in Fig. 524 gegeben ist, beobachtet werden kann. Überraschend ist es, dass ganz analoge Überkipnungen der Kreide auch in verhältnismäßig flacheren Teilen Deutschlands vor sich gegangen sind. So überlagern im Teutoburger Walde und an dessen südlichem

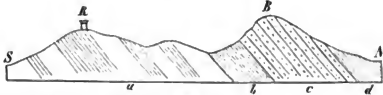


Fig. 522. Profil durch die überkippten Kreideschichten südlich vom Teutoburger Walde. Nach *Heinrich Credner*.
B Barenberg; R Ravensberg; a Turon; b Gault; c Neocomsandstein; d Wealdenthon u. Wealdensandstein.

Fuße Wealden und Hils vollkommen gleichförmig die obere Kreide (Fig. 522) und Muschelkalk, Keuper, Lias und Serpulit wiederum die ersteren (vergl. Fig. 517).

Die staffelförmigen Verwerfungen der Schreibkreide von Rügen haben erst nach Ablagerung des älteren Glacialdiluviums stattgefunden, während die bizarren Biegungen und Überschiebungen der Kreide der Inseln Moen und Wollin auf Druckwirkungen des skandinavischen Inlandeises zurückgeführt werden.

Gänge von abbauwürdigen Mineralsubstanzen sind im allgemeinen Seltenheiten im Gebiete cretacischer Formationen. So treten z. B. bei Stadthagen in Westfalen eine Anzahl wenig mächtiger Gänge, welche Bleiglanz und Blende führen, in den Plänkalken der oberen Kreide, ferner in den dem Gault angehörigen sandigen Schieferthonen der an Holland grenzenden Gegend von Bentheim mehrere Asphaltgänge auf, welche letztere in ausgedehntem Maße abgebaut werden. Sie durchsetzen die flach gegen Süd fallenden Schieferthone in rechtem Winkel auf deren Streichen, stehen saiger, erreichen gegen 1 m Mächtigkeit und sind zum größten Teile von einem pechschwarzen, stark glänzenden Asphalt und neben diesem von blätterig-strahligem Kalkspat, Schwefelkies und einzelnen Fragmenten des Nebengesteines ausgefüllt. Die einzelnen Bestandteile dieser Gangmasse sind sehr gewöhnlich bandartig angeordnet und wiederholen sich, wie in Fig. 523 dargestellt, symmetrisch von jedem Salbände aus*).

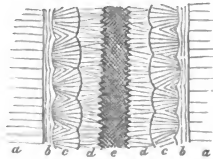


Fig. 523. Asphalt im Gault von Bentheim. Nach *Heinrich Credner*.

a Schieferthon d. Gault; b Letztiger Asphalt; c radialstrahliger Schwefelkies; d blätterig-stengeliger Kalkspat mit rhomboëdrischen Endflächen; e reiner Asphalt.

*), *Heinr. Credner*. XI. Jahresb. d. naturhist. Ges. Hannover. 1860 u. 1861, S. 34.

In Westfalen werden die Mucronatenmergel des Senons der Gegend zwischen Lippe und Münster einerseits und Werne und Stromberg anderseits von Gangzügen von Strontianit durchschwärmt. Diese Gänge streichen meist NW—SO, erreichen 1,5—2,5 m Maximalmächtigkeit und führen außer Strontianit noch Kalkspat, Schwefelkies und Nebengesteinsfragmente *).

Rückblick auf die Entwicklung des organischen Lebens während der mesozoischen Zeitalter.

Im Anschlusse an die S. 390 und 544 gegebene Übersicht der Faunen und Floren der paläozoischen Perioden.

Das organische Leben auf Erden schreitet stufenweise vorwärts auf der Bahn der Vervollkommnung. Aus seinen formenarmen Anfängen, die uns aus der cambrischen Periode überliefert worden sind, entwickelt sich die Tier- und Pflanzenfülle der nächstfolgenden paläozoischen Zeitalter, jener Reichtum an fremdartigen Gestalten, welcher namentlich auf der üppigen Entfaltung der Gefäßkryptogamen, also der Sigillarien, Lepidodendren, Calamiten und Farne, sowie der Tabulaten und Tetracoralla, der Blastoideen und Cystideen, der Brachiopoden, Nautilen, Clymenien und Goniatiten, der Trilobiten, der heterocerkalen Ganoidfische und Panzerganoiden beruht. Auch diese Fauna und Flora macht einer anderen Platz, deren Gesamtcharakter dem Ziele der fortschreitenden Entwicklung des irdischen Organismus um eine bedeutende Stufe näher steht. Allmählich verschwinden, wie S. 545 gezeigt, die Hauptvertreter des paläozoischen Lebens, eine neue organische Welt stellt sich ein, verdrängt nach und nach die noch übrigen Repräsentanten des Altertums der Erde, verbreitet sich auf dieser und dominiert endlich in den Wassern und auf dem Festlande, — es ist die Fauna und Flora der mesozoischen Zeitalter.

An Stelle der paläozoischen Dschungeln von Calamiten und Sigillarien, Lepidodendren und Cordaiten treten ausgedehnte Waldungen von Coniferen, zwischen welchen zahlreiche und riesige Vertreter der modernen Gattung Equisetum wuchern; die Cycadeen erreichen das Maximum ihrer Entwicklung, neue Farne stellen sich ein und endlich erscheinen auch die ersten Repräsentanten der Angiospermen in den verhältnismäßig sparsamen Blättern der *Credneria*, *Salix*, *Acer*, *Quercus*, *Sassafras* u. a. Sie sind die Vorläufer der Pflanzengruppe, welche, in späteren Perioden an Formenreichtum immer mehr zunehmend und Coniferen und Cycadeen zurückdrängend, drei Viertel der Flora unserer Zeit ausmacht. Konnte man die paläozoische Erde als

* P. Menzel. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1884. S. 125. — E. Venator. Berg- und Hutt.-Ztg. 1882. No. 4, 2 u. 3.

Reich der Gefäßkryptogamen bezeichnen, so ist die mesozoische Ära das Zeitalter der viel höher stehenden Gymnospermen. Gleichwie sich aber neben ersteren bereits die Vorläufer der mesozoischen Flora zeigen, so stellen sich auch schon während der mesozoischen Periode Vorläufer der höchst entwickelten angiospermen Pflanzenwelt ein, die erst in den känozoischen Zeitaltern die Herrschaft erlangt.

Ähnlich wie die Flora, so erfuhr auch der Gesamtcharakter der Tierwelt während der mesozoischen Periode eine Neugestaltung. Das Aussterben der paläozoischen Typen ist oben (Seite 545) genügend betont worden — für sie treten neue Formen ein. Jetzt erst erscheinen die modernen riffbauenden Korallen, die Hexacoralla, sowie die Euechiniden, um von da an bis in unsere Zeit fortzuleben. Statt der Brachiopoden und Nautilen, welche bisher durch ihren Formenreichtum und die Menge der Individuen den wesentlichsten Einfluss auf den organischen Gesamtcharakter ausgeübt hatten, entfalten sich die Zweischaler, Gastropoden, Ammonoiten (mit gegen 5000 Arten) und Belemniten, und nehmen den maßgebenden Rang jener ein. Unter den Crustaceen erscheinen neben zahlreichen Macruren die echten Krabben, die sämtlichen Familien der Insecten stellen ihre Vertreter. Die heterocerkalen Ganoiden, von welchen aus dem Zeitalter ihrer Hauptentwicklung noch einige Nachzügler in die mesozoische Periode reichen, sterben bald vollkommen aus, für sie treten homocerkale Ganoiden ein, welche im Verlaufe der mesozoischen Zeitalter das Maximum ihrer Häufigkeit erreichen und dann ebenfalls allmählich zu der Seltenheit und der Formenarmut der Jetztzeit herabsinken. Neben ihnen erscheinen die ersten Knochenfische, und in ihnen die Vorläufer des heute bei weitem vorwaltenden Typus der Fischwelt. Die Schuppenlurche (Stegocephalen) producieren im Beginne der neuen Ära Riesengestalten, jedoch um bald zu verschwinden, und machen den höher organisierten Reptilien von z. T. riesenhaften Dimensionen, den Ichthyosauriern, Plesiosauriern, Pterosauriern, Dinosauriern, Crocodiliern und Schildkröten Platz. Ganz analog dem sporadischen Auftreten der ersten Angiospermen neben den damals herrschenden Coniferen und Cycadeen erstehen in der mesozoischen Periode, also während der Herrschaft der Reptilien, die ersten Warmblüter in vereinzelt Vögeln und Beuteltieren, um sich später im Verein mit den damals noch so sparsamen Laubbölzern, sowie mit den ebenfalls erst im Laufe der mesozoischen Ära erscheinenden Knochenfischen zu den Hauptelementen einer neuen organischen Welt, der känozoischen, emporzuschwingen (vergl. S. 660).

Alle diese Erscheinungen sind Fingerzeige über die Länge der Zeiträume, welche die Entfaltung und Ausbreitung der Organismen in Anspruch nahm, Hinweise auf die lange Dauer der einzelnen Perioden der Erdgeschichte, Beweise für die allmähliche Entwicklung und Herausbildung der Floren und Faunen.

D. Die känozoische Formationsgruppe.

Die känozoische Schichtenreihe zerfällt in die **Tertiärformation** und die **Quartärformation**, letztere bestehend aus Diluvium und Alluvium.

Das Tertiär.

Charakter der Tertiärperiode im Anschlusse an die Rückblicke auf S. 514 und 656. Im Verlaufe der Tertiärperiode erlangte die Erdoberfläche allmählich und im wesentlichen ihre heutige Configuration und die Fauna und Flora einen Gesamtcharakter, der sich auf das innigste an den der Jetztwelt anschließt. Diese Umgestaltung der gesamten irdischen Verhältnisse findet in folgenden Erscheinungen ihren Ausdruck:

1. in **fortwährenden Verschiebungen der Grenzen zwischen Festland und Meer** infolge säcularer Hebungen und Senkungen der Continente. Im Beginn der Tertiärzeit besaßen die heutigen Continente bei weitem nicht die Ausdehnung wie jetzt, vielmehr waren bedeutende Striche derselben noch vom Meere bedeckt, und tiefe Buchten und schmale Meeresarme erstreckten sich weit in ihr Inneres und zerteilten dieselben in Inseln und Halbinseln. Im Verlauf der tertiären Zeiträume fanden langsame Hebungen statt, infolge deren flache Küstenstriche über den Meeresspiegel gehoben, seichte Buchten und Canäle trocken gelegt, tiefere zu Binnenmeeren umgewandelt, frühere Inseln durch Tiefebene verbunden wurden und andere an Umfang wuchsen, während zugleich neue Inseln aus dem Meere auftauchten und früher zusammenhängende Oceane durch Dämme von Festland getrennt wurden. In den Depressionen des jungen Festlandes sammelten sich die atmosphärischen Wasser an und bildeten Süßwasserseen. Auch die umgekehrte Bewegung, Senkung, fand in größerem Maßstabe z. B. im Bereiche der gesamten nordeuropäischen Tiefebene statt, um dann wiederum Hebungen Platz zu machen. Aus diesen Oscillationen der Continente gingen allmählich die jetzigen horizontalen Conturen derselben hervor, zugleich aber bedingten sie die für die tertiäre Schichtenreihe so charakteristische Wechsellagerung von marinen, brackischen und Süßwassergebilden, sowie (ganz abgesehen von den gleichzeitigen, tief eingreifenden klimatischen Veränderungen) fortwährende Wanderungen der Floren und Faunen nach Wohnstätten, in welchen sie die Möglichkeit einer Existenz vorfanden.

2. in der **Entstehung der heutigen Hochgebirge**. Der Hauptfaltungsakt der Mehrzahl der höchsten Gebirge, so der Pyrenäen, Alpen, Karpathen, des Himalaya und der Cordilleren fällt in die Tertiärperiode. Schichten, welche der ersten Hälfte dieses Zeitalters ihre Ablagerung verdanken, sehen wir hier heute z. B. in den Diablerets in Wallis und im Mont Perdu in den Pyrenäen über 3000, ja jungtertiäre Complexe in manchen Gipfeln des

Himalaya 4000—5000 m hoch emporgedrängt. Die Entstehung solch gewaltiger Gesteinswälle spiegelte sich, ganz abgesehen von der allgemeinen Veränderung der verticalen Conturen der Continente, in der Herausbildung neuer Flusssysteme, in der Beeinflussung der klimatischen und meteorologischen Verhältnisse und dadurch der Faunen und Floren wieder.

3. in **vulkanischen Massenausbrüchen**, aus welchen trachytische, phonolithische, andesitische und basaltische Vulkangebirge und Deckensysteme hervorgingen (s. S. 451 und hinten unter »vulkanische Erscheinungen während der Tertiärzeit«). Die mit diesen auf dem ganzen Erdenrund sich geltend machenden vulkanischen Ereignissen verbundene Abgabe tellurischer Wärme hatte eine besonders intensive Contraction der Erdrinde zur Folge, welche Veranlassung zu den sub 2 erwähnten Stauungserscheinungen, also Gebirgsfaltungen gab.

4. in der **Herausbildung der jetzigen Klimazonen**. Der Beginn dieses Vorganges fällt schon in ältere Perioden. So lassen sich vielleicht bereits in der Jura-, jedenfalls aber in der Kreidezeit Andeutungen klimatischer, von der Entfernung vom Äquator bedingter Verschiedenheiten in dem Hervortreten einer südlichen und nördlichen Facies der Faunen beobachten (siehe S. 603 und 619). In der Tertiärperiode prägt sich diese zonenweise Sonderung der Klimata weiter und bestimmter aus, um allmählich zu dem heutigen Standpunkte der klimatischen Verhältnisse zu gelangen. Diese Vorgänge finden ihren unzweideutigen Ausdruck in der Veränderung der Tier- und Pflanzenwelt. Die während der ganzen Tertiärperiode stattfindende fortwährende und allmähliche Bewegung der Isothermen nach dem Äquator zu hatte nämlich zur Folge, dass sich auch die Floren allmählich nach ihren jetzigen Verbreitungsgebieten zurückzogen, dass also ein nach dem Äquator gerichtetes Zurückweichen der bis dahin auch in nördlichen Breiten gedeihenden Formen stattfand. Das Resultat dieser Erscheinung ist, dass z. B. in Centraleuropa auf die tropische und subtropische, indisch-australische Flora des Beginnes der Tertiärzeit (des Eocäns) die subtropische, mittelamerikanische Flora des Oligocäns und Miocäns und auf diese die gemäßigte mediterraneische Flora des jüngsten Tertiärs, des Pliocäns, folgte, dass also die Floren ein und derselben Tertiärablagerung allmählich ihren anfänglich tropischen Charakter verlieren und den eines gemäßigten Klimas annehmen.

Bei den an den Boden gefesselten Pflanzen geben sich die Wirkungen klimatischer Veränderungen durchgreifender und augenfälliger zu erkennen, als bei der Tierwelt, jedoch finden sie auch in dieser und zwar namentlich in der Aufeinanderfolge der Meeresfaunen ihren unzweideutigen Ausdruck. So enthalten, um nur ein einziges Beispiel anzuführen, die untersten Ablagerungen des englischen Tertiärbeckens, die Londonthone, die Fauna tropischer und subtropischer Meere, seine obersten Schichten der Mehrzahl nach die Mollusken der England bespülenden See, anfänglich noch mit

denen südlicher Breiten gemischt, später dieselben ganz verdrängend, — eine Erscheinung, die sich überall in unseren Breiten, wo die tertiäre Schichtenreihe vollständig entwickelt ist, wiederholt.

5. in dem vollständigen Aussterben vieler Tier- und Pflanzenformen und dem Zurücktreteten anderer, welche bis dahin als wesentliche Glieder der früheren organischen Welt charakteristisch für verflossene Perioden waren. Mit dem Beginn der Tertiärzeit verschwinden von der Welthühne die Inoceramen und Exogyren (so massenhaft in Jura und Kreide verbreitet), die Rudisten (felsbildend in der Kreide), die Nerineen (ganze Bänke der Jura- und Kreideformation anfüllend), die Ammoniten und Belemniten (die verbreitetsten Formen des Jura und der Kreide), die Turriliten, Scaphiten, Baculiten und die übrigen Nebenformen der Ammoniten (so charakteristisch für die Kreide), endlich die mesozoischen Dinosaurier, Meeressaurier, Flugsaurier und Mosasaurier. Andere Tier- und Pflanzentypen treten mit Beginn der Tertiärperiode mehr und mehr in den Hintergrund, bis sie allmählich auf die verhältnismäßige Seltenheit in der Jetztwelt herabsinken. Hierher gehören namentlich die Cycadeen, die tropischen Coniferen, die Crinoiden, viele Molluskengeschlechter (vorzüglich Trigonina) und die Ganoidfische.

6. in der großartigen Entfaltung von Tier- und Pflanzentypen, deren erstes Auftreten in mesozoische Perioden fällt, so der Angiospermen, also Laubbölzer, von denen wir die ersten Spuren in der Kreide fanden, und der Palmen, der Batrachier, Squaliden und Knochenfische; endlich und zwar namentlich der Säugetiere. In ihrem und der Laubbölzer massenhaften Auftreten liegt einer der wesentlichsten Charaktere der Tertiärperiode. Die ältesten uns bekannten Reste der Säugetiere stammen aus der obersten Trias und gehören Beuteltieren an; im Dogger, weißen Jura und in der Kreide wiederholen sich ähnliche vereinzelte Vorkommnisse dieser niedrigsten, ihre Jungen in unreifem Zustande gebärenden Säugetiere, aber erst im unteren Tertiär beginnt sich eine größere Mannigfaltigkeit und Reichhaltigkeit innerhalb dieser Tierklasse zu zeigen; ihm gehören die ersten Vertreter der höher stehenden, vollkommen entwickelte Junge zur Welt bringenden Säugetiere (Placentalia) an*).

In der alttertiären Zeit sind es Huftiere und zwar sowohl Unpaarhufer, als Paarhufer, welche die verbreitetsten Formen liefern. Freilich sind diese z. T. noch wenig specialisiert, vielmehr oft noch als Collectivtypen, als Bindeglieder heute scharf ausgeprägter Säugetierabteilungen ausgebildet. Zu den Unpaarhufern gehört vor allem das *Palaeotherium* (Fig. 524 und 558; tapirähnlich, mit rhinocerosartigem Zahnbau und mit

*). K. v. Zittel, Die geol. Entwicklung, Herkunft und Verbreitung der Säugetiere. Sitzber. d. k. bayer. Akad. d. Wiss. München. 1893. XXIII. II. H. S. 137. — H. F. Osborn, Rise of the Mammalia in North America. Americ. Association. Aug. 1893.

drei gleichstarken Zehen, eine Ahne unseres Pferdes), zu den Paarhufern hingegen *Anoplotherium* (Fig. 559; langschwänzig, wiederkäuerähnlich, mit zwei Zehen und unbedeutenden Resten von Seitenzehen), ferner *Anthracotherium* (dem Wildschwein sowie dem Hippopotamus ähnlich). Zu

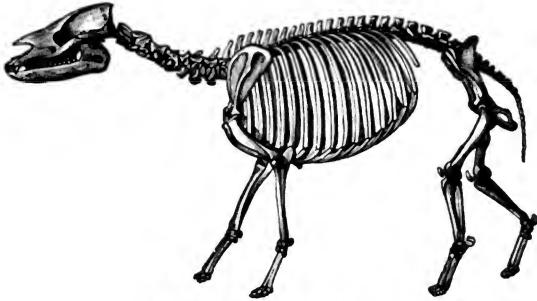


Fig. 524. *Palaeotherium magnum* Cuv.

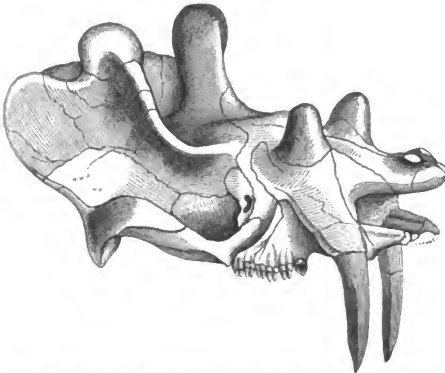


Fig. 525. Schädel von *Uintatherium* (*Dinoceras*) *mirabile* Marsh.

den auffallendsten Gestalten der Huftiere jedoch zählen *Coryphodon* (bärenartig, aber mit dem Fußbau des Elefanten) sowie die Dinoceraten *Uintatherium* (*Dinoceras*) und *Loxolophodon*, aus dem nordamerikanischen Alttertiär. Letzteres waren gewaltige, plumpe, elefantenähnliche Huftiere mit riesigen Hauern im Oberkiefer (Fig. 525), auf der Oberseite des Schädels mit

3 Paar Knochenvorsprünge, welche wohl als Träger großer Hörner dienten. Mit allen diesen Huftieren waren primitive Formen der Raubtiere (*Creodontia*), der Halbaffen (*Lemuriden*), Nager und Insectivoren vergesellschaftet.

Dem Alttertiär gehören die weiter hinten zu besprechenden Säugetierfaunen von Cernays in Frankreich, der Puerco-, Wahsatch- und Bridger-Gruppe in Nordamerika, ferner des Montmartre in Frankreich, von Bembridge in England, sowie der Bohnerz- und Phosphoritablagerungen im schweizer, schwäbischen und fränkischen Jura und des Quercy in Frankreich an.

Reichlicher und schärfer ausgeprägt gestaltet sich die Säugetierfauna des Jungtertiärs, welche vorzüglich durch z. T. moderne Geschlechter echter Raubtiere (*Hyaena*, *Machaerodus*, *Felis*, *Canis*, *Ursus*), der Nashörner (*Rhinoceros*), der Pferde (*Anchitherium*, *Hipparion*), der Paarhufer (*Hippopotamus*, *Procamelus*, Hirsche und Antilopen), der Rüsselträger (*Dinotherium*, *Mastodon*) und der Affen vertreten ist.

7. in dem allmählichen Erscheinen einer immer grösseren Anzahl den heutigen nahe stehender und endlich mit ihnen identischer Molluskenarten, demzufolge die Zahl der im Tertiär vertretenen, jetzt noch lebenden Species in den jüngeren Tertiärablagerungen mehr und mehr wächst. So nimmt man von der Molluskenfauna der Miocänformation (das Tertiär zerfällt in Eocän, Oligocän, Miocän und Pliocän) an, dass sie 40—40 Procent, von dem älteren Pliocän, dass es 40—60, von dem jüngsten Pliocän, dass es schon 60—90 Procent noch lebende Molluskenarten enthalte.

Fasst man die oben beschriebenen Erscheinungen kurz zusammen, so gelangt man zu folgender **Charakteristik der Tertiärperiode**: Die Tertiärperiode ist das Zeitalter, in welchem Palmen, Laubbölzer und Säugetiere zu einer formenreichen Entfaltung gelangen; infolge einer schärferen Ausbildung der Klimazonen macht sich eine zonenweise, von der Entfernung vom Äquator abhängige Sonderung der Organismen immer bemerklicher; unter den verschiedenartigen klimatischen Einflüssen, die durch Entstehung von Hochgebirgen noch complicierter werden, bilden sich innerhalb der Meere und deren Buchten die mannigfaltigsten Localfaunen aus. Ähnliches ist auf dem Festlande und in den süßen Gewässern der Fall. Die klimatischen Verhältnisse nähern sich mehr und mehr denen unserer Zeit, Hand in Hand damit geht das Auftreten einer immer größer werdenden Anzahl von Tier- und Pflanzenformen, welche mit denen der Jetztzeit identisch sind. Die Mannigfaltigkeit der irdischen Verhältnisse und des organischen Lebens während der Tertiärperiode ist größer, als in irgend einem der vorübergehenden Zeitalter, und repräsentiert die letzte Stufe der Erdentwicklung vor ihrem Eintritt in die Jetztzeit.

Der Vollzug aller dieser Vorgänge während der Tertiärperiode ist recht dazu geeignet, uns die Größe des Zeitraumes, welchen die Erdentwicklung in Anspruch nahm, vor Augen zu führen. Ganze Faunen und

Floren sind innerhalb dieser einen Periode von anderen verdrängt worden, der vielverzweigte Stamm der Säugetiere hat sich während derselben entwickelt, Hochgebirge sind entstanden, aus Inselgruppen sind Continente geworden. Und doch füllt diese Tertiärperiode nur das letzte Blatt der Erdgeschichte, soweit sich diese vor dem Erscheinen des Menschen abgespielt hat.

Die Schichtenreihe des Tertiärs in allgemein gültiger Weise zu gliedern, die einzelnen Unterabteilungen entfernter Tertiärareale mit einander zu parallelisieren und für sie charakteristische Merkmale aufzustellen, hat un-gemeine Schwierigkeiten. Man denke sich einen Teil der jetzigen Meere durch Hebungen trocken gelegt, ihren Zusammenhang durch jüngere Ablagerungen verdeckt oder durch Erosion zerschnitten, einen Teil dieses jungen Festlandes zu Gebirgen emporgestaut, anderes in seiner ursprünglichen Lagerung erhalten, — welche Anhaltspunkte würde ein Geolog der Zukunft haben, um die Gleichalterigkeit der Sedimente des Roten und des Mittelländischen Meeres, des stillen Oceans und des Golfes von Mexiko beweisen zu können? In der Übereinstimmung der Bewohner dieser Gewässer würde er sie, trotzdem die letzteren oft nur durch wenige Meilen Festland von einander getrennt sind, nicht finden. Die Ablagerungen aus der Tertiärperiode umschließen aber außerdem die Beweise einer mehrmaligen Umgestaltung der Faunen jedes Meeres, der Tier- und Pflanzenwelt jedes Continentes, so dass sich die Verhältnisse zu außerordentlich schwierigen gestalten. Die einzige Möglichkeit der Feststellung des größeren oder geringeren Alters tertiärer Meeresablagerungen und dadurch ihrer Äquivalenz beruht auf der Vergleichung ihrer Faunen mit denen der benachbarten Meere, als deren Rückstände sie zu betrachten sind und mit denen sie um so mehr Arten gemeinschaftlich führen werden, je jünger sie sind, während umgekehrt größere Unähnlichkeit und (beim Tertiär unserer Breiten) sich mehrende tropische Charakterzüge für größeres Alter sprechen. Man hat früher geglaubt, in der Molluskenfauna des Eocäns 3, des Miocäns 19, des Pliocäns 52 Procent noch lebender Arten zu erkennen, Verhältniszahlen, welche infolge jedes neuen Fundes schwanken und wegen der Schwierigkeit der Identificierung der Species und der Unbestimmtheit des Speciesbegriffes unsicher bleiben mussten. Nach neueren Vergleichen haben sich jene Werte dahin umgeändert, dass im Eocän noch keine, im Oligocän und Miocän etwa 40—40, im Pliocän gegen 40—90 Procent jetzt noch lebender Molluskenarten auftreten.

Von derartigen Grundlagen ausgehend, also je nach dem obwaltenden Grade der Ähnlichkeit mit der heutigen organischen Welt, hat man das Tertiär wie folgt gegliedert:

II. Jungtertiär (Neogen):

2. Pliocän,

1. Miocän.

I. Alttertiär (Paläogen):**2. Oligocän,****4. Eocän.**

Wir werden jede dieser Stufen für sich betrachten und, da eine Generalisierung nicht wohl möglich ist, von den zahlreichen localen, jedesmal nur auf gewisse Gebiete beschränkten Ausbildungsweisen einige typische Beispiele kurz beschreiben.

Das Alttertiär.**Das Eocän.**

Oberocän	Das Eocän			
	Das Eocän Südenglands	Das Eocän des Seinebeckens	Das Eocän Belgiens	
	Barton clay and sand	Calcaire de St. Ouen. Sables moyens de Beauchamp	Système Wemmelen	
Mitteleocän	Bagshot and Bracklesham	Calcaire grossier (Pariser Grobkalk)	Syst. Laekenien Syst. Bruxellien	
	London clay and Bognor beds	Sables nummulitiques de Cuise	Syst. Panisellen Syst. Ypresien	
Untereocän	Paleocän	Woolwich and Reading beds = Plastic clay	Argile plastique et lignite du Soissonnais	Syst. Landenien
		Thanet sands	Sables de Bracheux, Marnes strontianifères de Meudon. Faune de Cernays	Syst. Heersien

Das Eocän im südlichen England. Die tertiäre Schichtenreihe Englands beginnt mit:

Untereocän (Paleocän).

1. Thanetsanden, kiesigen Sanden und untergeordneten Sandsteinen, welche den Boden der Kreidemulde, in der sich das Tertiär ablagerte, local bedecken. Mit mariner Fauna (*Fusus*, *Scaloria*, *Nucula*, *Ostrea*). Auf sie oder, wo sie fehlen, direct auf die weiße Kreide folgt

2. die Woolwich and Reading Series, ein etwa 30 m mächtiger Complex von meist dunklen, zum Teil bunten plastischen Thonen, wechselagernd mit weißen Sanden und Feuersteinkies, welche sich durch das Auftreten von untergeordneten Braunkohlen und das Vorkommen von Cyrenen, Cerithien, Melanien, *Melanopsis* und *Paludina* als eine wenigstens teilweise

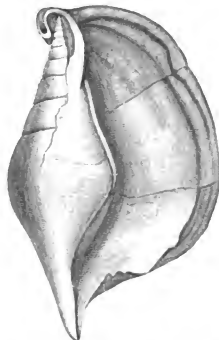
fluviatile und brackische Bildung zu erkennen giebt. Die beiden häufigsten Conchylien sind: *Cyrena cuneiformis* Sow. und *Melania inquinata* Desh. (Fig. 526 und 527).

Fig. 526. *Cyrena cuneiformis* Sow.Fig. 527. *Melania inquinata* Desh.

Diese beiden Complexe nebst ihren Äquivalenten sind von Schimper, v. Koenen und englischen Geologen als selbständige Stufe (Paleocän) vom Eocän abgetrennt worden.

Mittleocän.

1. Der London-Thon, gegen 200 m mächtig, einformig zähe, graue oder braune Thone mit Septarien, welche sehr reich an organischen Resten sind. An seiner Basis die Oldhaven-Beds (Feuerstein-Kiese). Die Blätter

Fig. 528. *Nucula amygdaloides* Sow.Fig. 529. *Voluta nodosa* Sow.Fig. 531. *Rostellaria macroptera* Brand.Fig. 530. *Aturia zickzack* Sow.

und Früchte einer Anzahl tropischer Pflanzen, die Reste von Crocodilen, Schildkröten, Vögeln (diese bei *Odontopteryx* mit knöchernen Zähnen) und Säugetieren (*Coryphodon*, *Didelphys*) weisen darauf hin, dass sich die London-Thone in der Nähe von Festland abgelagert haben müssen, welchem die genannten organischen Reste durch Flüsse entführt worden sind. Neben ihnen finden sich zahlreiche Arten von *Conus*, *Voluta*, *Cypraea*, *Nucula*, *Aturia*, welche ebenso wie jene für ein damals herrschendes tropisches Klima sprechen. Einige charakteristische Formen sind: *Nucula amygdaloides* Sow., *Voluta nodosa* Sow., *Rostellaria macroptera* Brand, *Aturia zickzack* Sow. (Fig. 528 bis 531).

2. Bagshot- and Bracklesham-sand. Auf die London-Thone folgen in der Nähe der englischen Hauptstadt bis gegen 200 m mächtige



Fig. 532. *Venericardia planicosta* Lam.

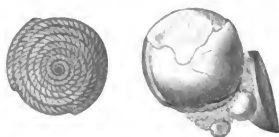


Fig. 533 u. 534. *Nummulites laevigatus* Lam.
(Fig. 533 im Längsbruche.)

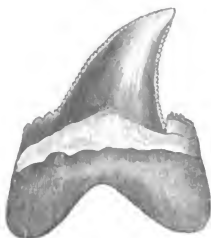


Fig. 535. *Garcharodon angustidens* Ag.



Fig. 536. *Otodus obliquus* Ag.

gelbe, unfruchtbare Quarzsande (Bagshotsande), auf welche ein glaukonitischer sandiger Schieferletten aufgelagert ist. Während die ersteren fast vollkommen versteinierungsleer sind, führen die Grünsande neben den Resten von Gavialen und Schildkröten sowie Fischzähnen (Fig. 535 u. 536) zahlreiche Individuen von *Venericardia planicosta* (Fig. 532), *Ostrea flabelula* und *Corbula striata*. Weiter südlich sind diese mittleren Bagshotsande, die dort Braklesham-beds genannt werden, sehr reich an organischen Resten, welche deren Äquivalenz mit dem Pariser Grobkalke beweisen und bei Besprechung dieses letzteren zum Teil abgebildet werden sollen, so *Cerithium giganteum* Lam., *Murex asper*, *Conus deperditus*, *Cypraea inflata*, *Voluta crenulata*, *Turritella imbricata*, *Turritella terebellata*, *Venericardia planicosta* (Fig. 532), *Pectunculus pulvinatus*, *Turbinolia sulcata*, *Nummulites laevigatus* (Fig. 533 u. 534) u. a.

Obereocän.

Barton-Thon und -Sand; bis 120 m mächtige, dunkle, sandige Thone mit Sphärosideritnieren, sowie mit *Nummulites variolarius* Lam.,



Fig. 537. *Chama squamosa*
Eichw.



Fig. 538. *Cardita sulcata*
Brug.



Fig. 539. *Crassatella sulcata*
Sow.



Fig. 540. *Typhis pungens*
Brand.



Fig. 541. *Voluta athleta*
Sol.



Fig. 542. *Terebellum fusiforme*
Lam.

Numm. planulatus, *Chama squamosa* Eichw., *Cardita sulcata* Brug., *Crassatella sulcata* Sow., *Typhis pungens* Brand, *Voluta athleta* Sol., *Terebellum fusiforme* Lam. (Fig. 537 bis 542).

Das Eocän des pariser Beckens. Die hierher gehörigen Tertiärlagerungen bestehen aus einem Complex von abwechselnden marinen, brackischen und Süßwassersedimenten und füllen, überlagert von den jüngeren Tertiärgebilden, ein flaches, tellerförmiges Becken aus, welches von der obersten Kreide geformt wird und in dessen Centrum Paris liegt. Die Hauptglieder dieser nordfranzösischen eocänen Schichtenreihe sind:

Untereocän (Paleocän).

1. untere Sande (Sande von Bracheux). Diese Gruppe beginnt mit den Strontian führenden Mergeln von Meudon, dann weißen Sanden und Mergeln, welche Süßwasserconchylien sowie die Reste von *Arctocyon primaevus*, dem ältesten fleischfressenden Säugetier, führen. Auf sie folgen marine, graue, mitunter glaukonitische Sande mit *Ostrea bellovacina*, *Crassatella sulcata*, *Voluta depressa* etc. Beide zusammen sind die Repräsentanten des englischen Thanetsandes.

Diesem untersten Eocän gehören auch die in der Gegend von Reims auftretenden Süßwasserschichten mit den Resten der ältesten tertiären Säugetiargesellschaft von Europa an, welche eine überraschende Ähnlichkeit mit der Fauna der nordamerikanischen Puerco-Gruppe (s. S. 673) hat. In dieser Fauna von Cernays sind außer einigen Beuteltieren *Creodonta* (Fleischfresser von höchst primitivem Gepräge, z. B. *Arctocyon*), Huftiere und Halbaffen vertreten.

2. Plastische Thone und Braunkohlen; Sande von Soisson mit *Melania inquinata*, *Cyrena cuneiformis*, *Ostrea bellovacina* (= Woolwich and Reading beds).

Mittlereocän.

3. *Sables nummulitiques de Cuise*. Die plastischen Thone werden z. B. bei Cuise Lamotte bei Compiègne von glimmerreichen oder glaukonitischen Sanden überlagert, welche stellenweise reich an organischen Resten sind, unter welchen sich *Nummulites planulatus* Lam., *Turritella hybrida*, *Nerita conoidea* Lam. und zu oberst *Venericardia planicosta* durch ihre Häufigkeit hervorheben.

2. Der Grobkalk von Paris (*Calcaire grossier*), eine 20 bis 30 m mächtige Schichtenreihe von sandigen, glaukonitischen oder mergeligen Kalksteinen, welche zu unterst sehr reich sind an *Nummulites laevigatus*, *Numm. scaber*, *Ostrea flabellula* und *O. multicostata*, in den mittleren Regionen vorzüglich häufig folgende Conchylien führen: das bis 0,7 m lange *Cerithium giganteum* (Fig. 546), *Turritella imbricata*, *Conus deperditus* (Fig. 544), *Cassis cancellata* (Fig. 545), *Cerithium hexagonum* (Fig. 547), *Fusus bulbiformis*, *Chama calcarata*, *Lucina mutabilis* und *concentrica*, *Cardita imbricata*, *Crassatella ponderosa* (Fig. 548), *Corbis lamellosa*, *Cardium porulosum* (Fig. 549), *Venericardia planicosta* (Fig. 532). Der obere Grobkalk namentlich mit: *Cerithium angulosum*, *interruptum* und *lapidum*. *Lucina saxorum* und *Cardium obliquum*. Gewisse Schichten, vorzüglich des mittleren Grobkalkes, die *Miliolidenkalke*, bestehen fast lediglich aus Foraminiferenschalen von etwa Sandkorngröße und liefern einen trefflichen Anhaltspunkt zur Orientierung in dem Tertiär des Seinebeckens. Auch Cerithien, von denen im Pariser Becken über 450 Species bekannt sind, können einzelne Schichten des Grobkalkes vollkommen ausfüllen. Zugleich



Fig. 543. *Nerita conoidea* Lam.



Fig. 544. *Conus deperditus* Lam.

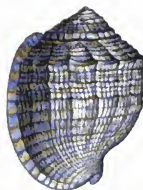


Fig. 545. *Cassis cancellata* Lam.

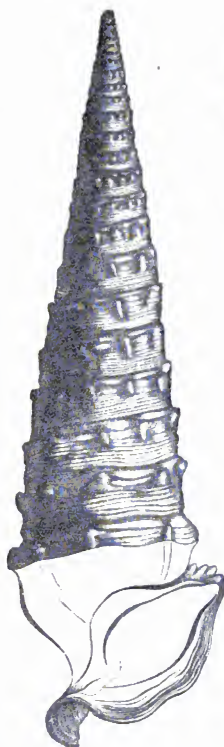


Fig. 546. *Cerithium giganteum* Lam.



Fig. 547. *Cerithium hexagonum* Brug.

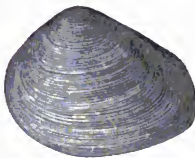


Fig. 548. *Crassatella ponderosa* Nyst.

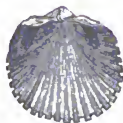


Fig. 549. *Cardium porulosum* Lam.

mit Skeletteilen einer vorwiegend aus Huftieren bestehenden Säugetierfauna (Lophiodon, Propalaeotherium, Palaeotapirus).

Obereocän.

1. Mittlerer Meeressand (Sables moyens, grès de Beauchamp. Lichte Quarzsande, in denen außer zahlreichen marinen Mollusken namentlich ein kleiner Nummulit (*N. variolarius*) häufig ist.

2. Süßwasserkalk von St. Ouen mit *Planorbis*, *Limnaeus*, *Bithynia* etc.

Das Eocän des Südens*). In der Jura-, namentlich deutlich aber in der Kreideformation offenbarte sich die Erscheinung, dass deren südliche Verbreitungsgebiete einen von den nördlichen vollkommen verschiedenen Gesamtcharakter besaßen. Ähnliches wiederholt sich in der Eocänformation.



Fig. 550. Nummulitenkalkstein aus den Pyrenäen mit Längsdurchschnitten von *Nummulites Puschii* d'Arch.

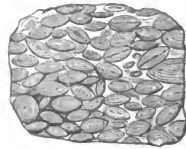


Fig. 551. Nummulitenkalkstein aus Ungarn mit Querdurchschnitten von *Nummulites scaber* Lam.

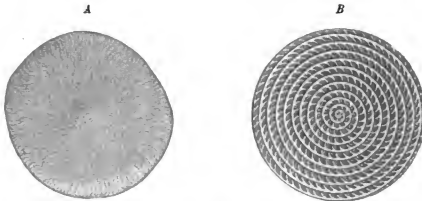


Fig. 552. *Nummulites nummularius*.
A äußere Ansicht, B Horizontaldurchschnitt der Schale.

War es in der Kreide die merkwürdige Gruppe der Rudisten und Caprotinen, welche jene alpine Facies bedingte, so ist es in dem Eocän das nicht weniger eigentümliche Geschlecht der Nummuliten (Fig. 552), auf deren plötzlichem Auftreten in unermesslichen Scharen der Habitus des südlichen

* Studer. Geol. d. Schweiz. Bd. II. Bern u. Zürich 1853. S. 87 u. f. — Gümbel. Geogn. Besch. des bayerischen Alpengebirges. Gotha 1864. S. 579 u. f. — F. v. Hauer. Geologie. II. Aufl. 1877. Eocänformation in den Alpenländern u. in d. Karpathenländern. — O. Heer. Umwelt d. Schweiz. 1879. S. 244.

Eocäns beruht. In diesem bilden sie oft fast das ausschließliche Material mächtiger Schichtencomplexe (Fig. 550 u. 551), welche man als Nummulitenschichten bezeichnet.

Diese südliche oder alpine Facies des Eocäns ist eins der großartigsten geologischen Phänomene. Mächtige Schichtensysteme bestehen zum Teil fast lediglich aus linsen- bis thalergroßen Schalen von Nummuliten, einem Foraminiferen-Geschlechte, welches eine Häufigkeit der Individuen erreicht, für die wir kaum ein Analogon besitzen, um nach kurzem wieder zu verschwinden. Und wie gewaltig war ihr Verbreitungsgebiet! In einer nur wenig unterbrochenen Zone und in größter Gleichförmigkeit ziehen sich die Felsen, welche local fast ausschließlich von ihren Schalen aufgebaut sind, von Spanien und Marokko aus, die beiden Seiten des mittelländischen Meeres entlang, durch die ganzen Alpen und Karpathen, durch die Apenninen, Griechenland und die Türkei, durch Nordafrika, Ägypten und Kleinasien, durch Persien und Ostindien bis nach China, Java, Sumatra und den Philipinen, kurz von einem bis zum anderen äußersten Ende der alten Welt. An dem Baue der gewaltigsten Gebirge, welche diese trägt, haben sie Teil genommen, sind bei deren Entstehung in ihrer Lagerung so gestört und von gewaltsamen Dislocationen betroffen worden, dass sie sich jetzt unter höchst verworrenen Lagerungsverhältnissen in bis 3000, ja 5000 Meter Höhe finden.

Die Nummulitenschichten sind größtenteils dichte, zähe, graue, gelbe oder rote Kalksteine, die sich stets durch ihren Reichtum an Nummuliten auszeichnen, ja lediglich zu Aggregaten von millionenweise dicht über einander liegenden Nummuliten werden. Nicht selten wird die Kalksteinmasse, welche die einzelnen Nummuliten zusammenhält und verkittet, durch Sand vertreten, so dass Nummulitensandsteine entstehen. In ganz ähnlicher Weise stellen sich oolithische Eisenerze ein, so am Kressenberg und bei Sonthofen im südlichen Bayern.

Außer diesen Foraminiferen kommen, zum Teil mit ihnen vergesellschaftet, zum Teil auf Schichten, welche mit Nummulitenbänken wechselagern, beschränkt, eine große Anzahl anderer fossiler Reste vor, unter denen sich als für die südliche Facies des Eocäns charakteristisch Riffkorallen und eine Fülle von Seeigeln besonders hervorheben, während andere mit solchen aus den eocänen Ablagerungen von England und des Seinebeckens identisch sind. Als bekannte derartige Fundstellen sind zu nennen: der Kressenberg in den bayerischen Alpen, Biarritz am Fuße der Pyrenäen, Ronca und Monte Postale in Oberitalien, Mokattam bei Kairo. Durch seinen Reichtum an wohl erhaltenen Fischen und Palmen ist der Kalkschiefer des Monte Bolca in Oberitalien berühmt.

Außer durch die eben kurz geschilderten Nummulitenschichten spricht sich die südliche Facies des Alttertiärs in noch einer zweiten, eigentümlichen

Gesteinsbildung aus, dem Flysch, von welchem S. 644 und 646 gezeigt wurde, dass seine Bildung bereits in der Kreidezeit begann, der also ein Faciesgebilde teils der Kreideformation, teils des unteren Tertiärs (des Eocäns und Unteroligocäns) vorstellt, dann mit den Nummulitenkalken eng verknüpft ist und z. B. die versteinungsreichen Kressenberger Schichten der bayerischen Alpen concordant überlagert (Fig. 553). Der Flysch (Mazzino der Seealpen und Apenninen) ist eine mächtige Schichtengruppe

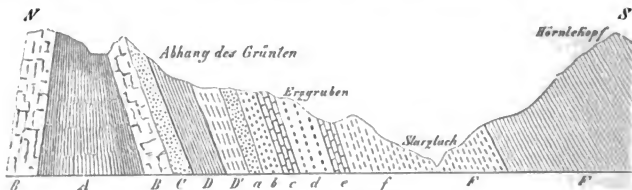


Fig. 553. Profil der Nummulitenformation am Grünten bei Sonthofen in Südbayern.
Nach Gümbel.

A Unteres Neocom	} alpine Kreide.	a Grünsandstein	} alpinen Eocän.
B Schraffenkalk		b Mergelschiefer	
C Gaultsandstein		c Nummulitenkalkstein	
D Seewenkalkstein		d Mergel mit Eisenerzen	
D' Seewenmergel		e Quarziger Nummulitenkalk	
		f Flyschähnliche Nummulitenschichten	
		f' Flysch.	

von dunkelfärbigen Schiefeln und Sandsteinen, thonigem Kalkstein und Mergelschiefer, deren Schichtenflächen häufig von Kriechspuren von Würmern bedeckt sind, die früher für Fucoiden (Chondrites) gehalten wurden. Nicht selten sind dem feinthonigen Flysch größere Gerölle und Blöcke eingestreut, die z. T. den benachbarten Bergketten fremd sind, dahingegen in den Alpen und Karpathen aus früher nördlich vorliegenden Gebirgswällen herstammen (exotische Blöcke). Dieser Flyschformation gehören auch die schwarzen Dachschiefer von Glarus an, welche durch ihren Reichtum an Knochenfischen (Palaeorhynchus, Meletta) berühmt geworden sind. Jedenfalls ist ein mehr als 300 m mächtiges Schichtensystem, welches abgesehen von den Fischen in den glarner Schiefeln und den Kriechspuren von Würmern keinerlei animalische Reste zeigt, unmittelbar zwischen von Tiergehäusen angefüllten Gesteinsbildungen eine höchst auffallende Erscheinung, welche das Eigentümliche des alpinen Alttertiärs noch erhöht.

Das Alttertiär der Rocky Mountains. In dem Raume zwischen den Rocky Mountains und dem Wahsatchgebirge breiten sich in der enormen Mächtigkeit von über 3000 m Süßwasserablagerungen als Ausfüllungsmassen eines wesentlich der Eocänperiode angehörigen großen Binnensees aus. Ihre Oberfläche bildet jetzt ein weites, dürres, wüstenartiges Tafelland, welches durch Erosion und Denudation terrassenförmig

zerschnitten und z. T. in eine phantastische Felsenlandschaft umgestaltet worden ist (Bad Lands). Diese alttertiäre Binnenformation zeichnet sich durch ihren Reichtum an Skeleten von Wirbeltieren und zwar namentlich von Säugetieren aus und gliedert sich in 5 Unterabteilungen, deren jede durch eine selbständige Fauna charakterisiert wird. Der unterste, etwa 1000 m mächtige Schichtencomplex, die Puerco-Gruppe, umschließt die Reste von etwa 100 Säugetierarten, unter denen Creodontia (Urfleischfresser) vorwiegen. Zu diesen gesellen sich Amblypoda (primitive Huftiere), Tillodontia (teils an Raubtiere, teils an Nager erinnernd), Halbaffen und Beuteltieren. In der nächsten, etwa 800 m mächtigen Wahsatch-Gruppe walten neben Creodonten von ausgesprochenem Raubtiergepräge Huftiere vor (so Coryphodon, Lophiodon, Eohippus, Tapire). Die darauf folgende Green-River-Gruppe hingegen liefert ausschließlich Fische vom Habitus der Monte-Bolca-Fauna. Die nächst höhere, 800—900 m mächtige Bridger-Gruppe ist die Lagerstätte riesiger Dinoceraten (Uintatherium, Fig. 525, und Tinoceras), ferner von Coryphodon, Phenacodus und Tillotherium, sowie zahlreicher Nager, Insectivoren und Creodonten (Proviverra). Die letzten Absatzproducte des ursprünglichen Wahsatch-Sees bildet die unter- und mittel-oligocäne Uinta-Gruppe mit einer Säugetierfauna, der außer Creodonten u. a. die Gattungen Titanotherium, Diplacodon, Amynodon und Epihippus angehören. Dem Alter nach schließen sich an die Uinta-Gruppe die in Oregon, Nevada und benachbarten Teilen der Rocky Mountains verbreiteten und als White-River-Gruppe bezeichneten Binnensee-Ablagerungen an, welche sich namentlich durch die Führung von Titanotherium (riesige Rhinocerosse mit zwei neben einander stehenden Hörnern) und von Oreodon (>wiederkäuende Schweine<) auszeichnen.

Das Oligocän.

Tabellarische Übersicht auf S. 674.

Das Oligocän in Südengland. An die S. 664 beschriebene eocäne Schichtenreihe Englands und zwar speciell an die Bartonthone schließt sich eine fluvio-marine Bildung an, während deren Ablagerung stets Schwankungen des Meeres stattfanden, so dass bald marine, bald brackische, bald Süßwassergebilde zum Absatz gelangten. Sie zerfällt in drei Abteilungen:

1. Das **Unteroligocän** von Headon, Osborne und Bembridge besteht vorzugsweise aus abwechselnden Süßwasser- und Brackwasserschichten, also Sanden, Mergeln und Thonen mit Arten von Cyrena, Unio, Paludina, Planorbis, Potamides, Cerithium, Melania, Limnaea, Helix und Bulimus. Von diesen können als einige der verbreitetsten und häufigsten

Das Oligocän

	von England	des Seinebeckens	von Norddeutschland	der Schweiz und Südbayerns	des Mainzer Beckens
Oberes	Lignite and clay of Bovey	Calcaire à helices; Calcaire de Beauce; Meulnières de Montmorency; Marnes d'Etampes.	Mergel von Osnabrück, Wiepke und Bünde; Muschel-sande von Kassel; Sternberger Gestein; Glimmer-sande der Mark, Sachsens, von Crefeld, Düsseldorf; obere Braunkohlen.	Untere Süßwasser-molasse (aquitanische Stufe); Cyrenen-schichten Südbayerns mit Pechkohlen-flötzen (Miesbach), Rote mergelige Molasse des Rigi.	Cerithien-schichten nebst Landschneckenkalk und Blattersandstein. Cyrenenmergel.
Mittleres	Süßwasser-gebilde der Hempstead beds.	Grès de Fontainebleau; Molasse d'Etrechy; Marnes à Ostrea; Travertin de la Brie; Marnes à Cyrènes.	Septarien- Rupel-thon; Stettiner und Söllinger Sand; (Rupélien).	Untere Meeresmolasse Tongrische Stufe.	Septarien-thon; Meeressande von Weinheim-Alzei. Im Unter-Elsass Asphaltkalk.
Unteres	Bembridge Series; Osborne Series; Headon Series.	Gypse du Montmartre; Marnes et sables à Mytilus, à Pholadomya, à Lucina et à Cerithes.	Untere Braunkohlen Sachsens; Thone von Egelu; Bernstein führende Schichten des Samlandes; Unterste norddeutsche Braunkohlenbildung von Egelu.	Schichten von Häring; Blattersandstein von Reit i. Winkel. Jungste Nummuliten- und Flyschbildung.	Im Elsass Petrosandmergel und Cyrenenkalk.
Anschließend an das Eocän; siehe Tabelle auf S. 664.					

gelten: *Planorbis euomphalus* Sow. (Fig. 554), *Planorbis discus* Edw., *Cerithium concavum* Desh., *Paludina orbicularis* Sow. (Fig. 555), *Melania turritissima* Forbes, *Limnaea longiscata* Brongn., *Helix oclusa* Edw., *Neritina*

Fig. 554. *Planorbis euomphalus* Sow.Fig. 555. *Paludina orbicularis* Sow.

concava Sow. — Zu diesen Mollusken gesellen sich die Reste zahlreicher Wirbeltiere, und zwar vorzüglich von Säugetieren, welche innerhalb der unteroligocänen Schichtenreihe Englands auf zwei Horizonte verteilt sind,

deren unterer der Headon-, deren oberer der Bembridge-Series angehört. Sie gehören, abgesehen von verschiedenen Schildkröten, Schlangen und Crocodilen, namentlich den Gattungen Anoplotherium und Palaeotherium und der übrigen Säugetierfauna an, welche sich in dem Gypse des Montmartre findet. Zwischen dieser Schichtenreihe mit Süßwasser- und Landbewohnern treten jedoch gewisse Schichten marinen Ursprungs eingeschaltet auf, deren Fauna mit der des deutschen Unteroligocäns über 20 charakteristische Arten gemein hat, so dass die Äquivalenz der Headon-Bembridge-Series, des Gypses vom Montmartre und des deutschen Unteroligocäns gesichert ist.

2. Das **Mitteloligocän**, die Hempstead-Series, brackische, etwa 60 m mächtige Thone, Sande und Mergel mit *Cyrena semistriata* Desh. (Fig. 556), *Cerithium plicatum* Brug. (Fig. 557), welche sich ebenfalls in den gleichalterigen Meeressanden von Frankreich (Sable d'Étampes) finden.



Fig. 556. *Cyrena semistriata* Desh.



Fig. 557. *Cerithium plicatum* Brug.

3. Dem **Oberoligocän** scheint jene kleine Braunkohlenformation anzugehören, welche eine muldenförmige Vertiefung in der Granitregion von Bovey-Tracey in Devonshire ausfüllt. Sie besteht aus einer 100 m mächtigen Schichtenreihe von wechselnden Sanden, Thonen und Braunkohlen und ist außerordentlich reich an wohl erhaltenen Pflanzenresten. Diese gehören vorzugsweise Coniferen, und zwar namentlich dem Genus *Sequoia* (*S. Couttsiae* Heer), ferner *Palmaciten* an; andere Schichten sind voll großer Farnwurzeln, noch andere reich an Dicotyledonen-Blättern (*Cinnamomum*, *Laurus*, *Quercus*, *Salix*, *Ficus* u. a.).

Das Oligocän im Pariser Becken. Im Seinebecken schließt sich an das Eocän (S. 667) folgende oligocäne Schichtenreihe an:

Unteroligocän.

1. Das Hauptglied der französischen Unteroligocänformation ist der Gyps des Montmartre, welcher in Form größerer lenticulärer Einlagerungen eingeschaltet ist zwischen Mergeln mit *Mytilus*, *Pholadomya*, *Lucina* und *Cerithium*. In ihm kommen sehr zahlreiche Knochen von Säugetieren, Vögeln und Reptilien vor. Fast kein Block wird aus dem Gyps des Montmartre gebrochen, der nicht dergleichen enthielte, meist aber isoliert und zerstreut, nur selten in vollständigen Skeletten. Die Vertreter dieser Säugetierfauna sind hauptsächlich Huftiere, so *Lophiodon*, *Ancodus* (*Hypotamus*) und *Xiphodon*, vor allen aber das artenreiche und weitverbreitete *Palaeotherium* (Fig. 524 und 558) und *Anoplotherium* (Fig. 559), ferner Zwerghirsche, Schweine (*Elotherium*), echte, z. T. aber auch noch den

Creodonten nahe stehende Raubtiere (Cynodon, Proviverra, Hyaenodon, Pterodon) und Halbaffen, denen sich eine Anzahl Beuteltiere (Didelphys, Fleischfresser, Nager und Handflügler zugesellen. Im Vergleich mit den Säugetieren, welche durch etwa 50 Species im Pariser Gypse repräsentiert sind, treten die Vögel (10 Arten) stark zurück. Auf den Schichtungsflächen des dortigen Gypses sind auch die Fußtapfen der meisten dieser Tiere,



Fig. 558. Schädel von *Palaeotherium crassum* Cuv.



Fig. 559. Schädel von *Anoplotherium commune* Cuv.

welche sie im Schlamm der Seeufer hinterließen, enthalten, so die von *Anoplotherium*, *Palaeotherium*, von Land-, Fluss- und Sumpfschildkröten, großen Batrachiern, Crocodilen, Leguanen und Riesenvögeln. Die gleiche Säugetierfauna findet sich in den mit Bohnerzen und Phosphoriten ausgefüllten Jurakalkspalten des Quercy bei Villefranche.

Mitteloligocän.

1. Cyrenen-Mergel (marnes à cyrènes), neben Cyrenen mit viel Cerithien;

2. Süßwasserkalk von Brie (Travertin moyen) mit *Planorbis*, *Bithynia*, *Limnaea*;

3. Ostreen-Mergel, namentlich mit *Ostrea cyathula*;

4. Molasse von Étrecthy mit *Cerithium plicatum* und *Cytherea in-crassata* sowie *Halitherium*;

5. der Sandstein von Fontainebleau, pittoreske Felsen bildend, und Sande von Étampes; an der Basis Mergel mit Cerithien, *Cytherea*, *Gasterochaena*, *Purpura*, — dann Sande mit *Lucina*, *Cardita*, *Cytherea*.

Oberoligocän.

Obere Süßwasserbildung (Meulières de Montmorency, Calcaire de Beauce), welche besteht aus Süßwasserkalken und Quarzen mit *Limnaea*, *Paludina*, *Planorbis*, und in ihrem obersten Horizonte mit zahlreichen Arten von *Helix*.

Das Oligocän in der Schweiz (untere Molassenformation*). Auf die S. 670 geschilderte eocäne und unteroligocäne, aus Nummuliten- und Flyschgebilden bestehende Schichtenreihe des nördlichen Alpensaumes

* O. Heer. Umwelt der Schweiz. 4879. S. 293 u. f.

folgt eine gewaltige Ablagerung von Sandsteinen und Conglomeraten, die man mit dem Namen Molasse bezeichnet. Sie gehört der Mittel- und Oberoligocän-, der Miocän- und der Pliocänformation an. An dieser Stelle betrachten wir nur die erstere in kurzen Zügen. Die oligocäne Molasse der Schweiz besteht aus zwei Unterabteilungen:

1. Die untere Meeresmolasse, ein Sandstein, welcher aus Körnern von Quarz, Kieselschiefer und Feldspat und einem feinsandigen, mit Säuren brausenden Mergelcemente, sowie weißen Glimmerschuppen und dunkelgrünen Glaukonitkörnern zusammengesetzt und bankartig geschichtet ist. Er führt, wie die oberen Meeressande von Frankreich, wie die Hempstead-Thone und die norddeutschen mitteloligocänen Bildungen *Cyrena semistriata* (Fig. 556), *Pectunculus obovatus*, *Ostrea longirostris*, *Ost. cyathula*, *Ost. callifera*, *Cerithium plicatum* (Fig. 557), *Cerith. elegans*, ist demnach ebenfalls mitteloligocän (tongerische Stufe).

2. Die untere Süßwassermolasse (aquitaniische Stufe). Sie beginnt mit der roten Molasse, nämlich bunten, roten Mergeln, welche stellenweise über 300 m mächtig werden und z. B. am Rigi und Hochfurren eine großartige Entwicklung besitzen. Auf sie folgen Sandsteine, Mergel und Nagelfluh, d. h. grobe Conglomerate von eigroßen, vollkommen abgerundeten Geröllen mit Eindrücken, welche sie sich gegenseitig beigebracht haben. Diese als Cyrenen-Schichten ausgebildete Molasse führt bei Monod und Rivaz im Canton Waadt, am hohen Rohren, bei Miesbach, Pensberg und am Peißenberg in Südbayern Flötze von Braunkohlen und zwar Pechkohlen und ist, wie das Vorkommen von *Corbula*-, *Paludina*- und *Melanopsis*-Arten, namentlich aber von Cyrenen, endlich das von eingeschwemmten Säugetierresten beweist, eine Brackwasserbildung*). Den wesentlichsten Bestandteil der dortigen Oligocänflora bildeten *Cinnamomum*, *Dryandroides*, immergrüne Eichen, *Ficus*, *Alnus*, *Betula*, *Juglans*, *Sequoia*, *Pinus*, *Libocedrus*, sowie Fächer- und Fiederpalmen**). Der Gesamtcharakter dieser Flora ist ein ausgesprochen subtropisch-amerikanischer, der, wenn auch modifiziert durch japanische und australische Formen, an die jetzige Pflanzenwelt Floridas und Louisianas erinnert.

Das Tertiär des Elsass ist auf das Rheinthal und hier wesentlich auf das Oligocän nebst etwas Eocän beschränkt und gehört nach A. Andreae von oben nach unten folgenden Stufen an***).

*) C. W. Gümbel. Abriss der geognost. Verh. d. Tertiär-Schichten bei Miesbach. München 1875.

**) O. Heer. Flora tertiaria Helvetiae. Zurich 1854 bis 1859.

*** A. Andreae. Beitr. z. Kenntnis d. elsäss. Tert. Abh. z. geol. Specialk. v. Elsass-Lothr. Bd. II. 1883, u. Mitt. d. geol. La. v. Els.-Lothr. III. 1890. S. 405.

Oligocän.**Oberes** (schwach brackisch).

Schichten von Rufach mit *Cyrena convexa*, *Mytilus Faujasi* u. *Lebias*.

Cyrenenmergel, Egisheim, sowie Meroux, Moval, Fèche l'Eglise etc. bei Belfort; Kolbsheim, Truchtersheim bei Straßburg.

Mittleres (marin).

Septarienthon, Mergel mit *Leda Dehayesiana* bei Lobsann, Thone mit *Ostrea callifera* bei Hartmannsweiler etc. Im Ober-Elsass gleichalterige Fisch-schiefer mit *Meletta* und *Amphisile*.

Asphaltekalk von Lobsann mit *Anthracotheurium alsaticum* Cuv.

Meeressand mit *Halitherium*, *Panopaea Heberti* Bosq., *Cytherea splendida*, *Pectunculus* etc. Stetten, Rötteln in Ober-Baden, Radersdorf, Dammeskirch, Ob.-Elsass. Zum großen Teil damit gleichalterig die Küstenconglomerate längs der Vogesen und des Schwarzwaldes.

Unteres (brackisch).

Petrolsandcomplex*). Graue Mergel, grünliche Thone mit eingelagerten Petrolsanden (s. S. 34 u. 279), Blättersandsteinen, z. T. mit *Anodonta Dau-breana* Schimp.; Pechelbronn, Schwabweiler, Unt.-Els., Hirzbach, Ob.-Els.

Gyps von Zimmersheim (Bamlach, Wasenweiler, Ober-Baden etc.) und Steinmergel mit *Cyrenen* (Effringen, Istein in Ob.-Baden, Zillisheim im Ober-Elsass etc.).

Eocän.**Oberes** (limnisch).

Melaniaenkalk mit *Melania Laurae* Math., *Megalomastoma mumia* Lmk. und *Palaeotherium medium* Cuv., Brunnstadt, Ob.-Elsass, Klein-Kembs, Ober-Baden u. a.; Blättersandstein von Spechbach, Ob.-Els.

Mittleres (limnisch).

Buchsweller-Kalk mit Resten einer Säugethierfauna (z. B. *Lophiodon* und *Propalaeotherium*) sowie mit *Planorbis pseudammonius* Schloth., Buchsweller, Dauendorf, Ubstatt, Ober-Baden, Bischenberg etc. am Unterrhein; Hobel unv. Basel.

Außerdem ist das Eocän durch isolierte Vorkommnisse von Bohnerzen vertreten.

Das Oligocän des eigentlichen Mainzer Beckens findet bei Besprechung der jüngeren Tertiärgebilde im nächsten Abschnitte Berücksichtigung.

Die **Bohnerzformation** des südwestlichen Deutschlands und der angrenzenden Partien der Schweiz und Frankreichs. Die tertiären Bohnerze sind Absätze von Mineralquellen, treten fast ausschließlich im Gebiete des weißen Jura auf und bestehen aus runden, concentrisch-schaligen Körnern von unreinem Brauneisenerz, welche in mit Sandschichten wechsellagernden Thonen oft dicht an einander oder einzeln eingestreut liegen. Diese bohnerzführenden Schichten bedecken zum Teil in bis über 30 m mächtigen ausgedehnten Ablagerungen den Boden der Thäler, zum Teil füllen sie kessel- oder schachtartige Vertiefungen, sowie Spalten, Höhlen und Schlünde der

* L. v. Werveke. Zeitsch. f. prakt. Geol. 1893. S. 97. — A. Andreae. Ber. der Senckenb. naturf. Ges. Frankfurt 1886/87. S. 23.

den Untergrund bildenden jurassischen Kalksteine aus, deren Wände dann zernagt, von Kieselsäure imprägniert oder von Eisenerz überzogen erscheinen. Die Bohnerze umschließen außer eingeschwemmten Fossilien älterer Formationen, aber z. T. auch Resten miocäner Säugetiere, besonders die Skeletteile von Anoplotherium, Palaeotherium, Lophiodon, Hyopotamus u. a., welche mit solchen aus dem Gypse des Montmartre übereinstimmen, also dem Unteroligocän angehören. Einige der Hauptfundpunkte dieser Bohnerze sind Kandern im Breisgau, Tuttlingen und Frohnstätten in Württemberg *), Egerkingen und Mauremont in der Schweiz und der Quercy in Frankreich.

Die Oligocänformation in Norddeutschland).** Die norddeutsche Niederung ist in ihrer ganzen Ausdehnung als ein oberflächlich zum größten Teil von diluvialen Lehmen, Sanden und Kiesen bedecktes Tertiärterritorium zu betrachten, welches nur durch einige kleinere Inseln älterer Gesteine, wie z. B. die des Muschelkalkes von Rüdersdorf, des Gypses von Sperenberg, die der mesozoischen Schichten von Lüneburg, dem nördl. Mecklenburg und der Odermündungen unterbrochen wird. Anderseits drängen sich vom Südrande dieser ausgedehnten und zusammenhängenden Tertiärbildungen aus eine Anzahl Ausbuchtungen zwischen die südlicheren Gebirge und Höhenzüge. Es sind dies:

1. Die niederrheinische Bucht, welche bis südlich von Bonn in das rheinische Gebirge eingreift, nach Nord und West mit den holländischen und belgischen Tertiärbildungen zusammenhängt und wesentlich aus Braunkohlen führenden Schichten besteht, die jedoch bei Crefeld, Grafenberg u. a. O. von marinem Oligocän unterlagert werden.

2. Die thüringisch-sächsische Bucht, welche zwischen Halle und Wurzen bis weit nach Thüringen in das Gebiet älterer Formationen eindringt, namentlich Braunkohlen führende, aber bis südlich von Leipzig auch marine Schichten umschließt und in welche die damaligen Flussläufe der Elster und Mulde einmündeten.

3. Die niederschlesische Bucht, welche die mit Braunkohlenablagerungen erfüllte Niederung des Odergebietes von Liegnitz und Breslau bis Neiße und Oppeln begreift.

Die allgemeine Südgrenze des norddeutschen Tertiärlandes wird zwischen dem Ausgange der niederrheinischen und der thüringisch-sächsischen Bucht durch das weit nach Norden vorspringende westfälische und

* R. Lepsius. Geologie von Deutschland, I. Stuttgart 1892. S. 554.

** E. Beyrich. Über den Zusammenhang d. norddeutschen Tertiärbildungen. Abh. d. k. Akad. d. Wiss. Berlin. 1856. — Derselbe. Über die Abgrenzung der oligocänen Tertiärzeit. Monatsber. d. k. Akad. d. Wiss. Berlin. 1858. — A. von Koenen. Über die Parallelisierung des norddeutschen, englischen und französ. Oligocäns. Z. d. D. geol. Ges. 1867. S. 23.

hannöversche Gebiet jurassischer und cretaceischer Formationen bogenförmig nach Norden hinaufgedrängt, — von Leipzig an aber verläuft sie in fast vollkommen östlicher Richtung bis zu dem Eingange zur niederschlesischen Bucht. Die Nordgrenze der deutschen Tertiärterritorien wird von der Ostsee, der Nordsee und den jüngsten diluvialen und alluvialen Gebilden verborgen, nach Westen stehen sie mit dem belgisch-holländischen, nach Osten mit dem polnisch-russischen Tertiär in unmittelbarem Zusammenhange.

Die Tertiärablagerungen Norddeutschlands sind ausschließlich oligocän und miocän, während eocäne und pliocäne Meeresablagerungen vollständig zu fehlen scheinen. Die hierher gehörigen Schichten sind theils marinen Ursprungs, theils terrestre Gebilde. Letztere werden unter dem Namen der norddeutschen Braunkohlenformation zusammengefasst, gehören aber mehreren, durch marine Schichten getrennten geologischen Horizonten an, — Wechsellagerungen, welche auf eben so viele Oscillationen hinweisen, die das norddeutsche Tertiärgebiet während der Oligocänzeit erlitten hat (vergl. die Tabelle auf S. 688.

a. Die norddeutsche Braunkohlenformation*).

Die Gesteine, welche die auf einem Areale von mehreren Tausend Quadratmeilen zur Ablagerung gelangten norddeutschen Braunkohlengebilde zusammensetzen, sind namentlich lose Aufschüttungen von glatten, glänzenden Quarzgeröllen, welche aber auch bisweilen durch kieseliges Bindemittel zu sehr festen Conglomeraten verkittet sind, — Sande von meist farblosen oder weißen Quarzkörnern, Quarzsandsteine und Braunkohlenquarzite; diese zum Theil in regelmäßigen Bänken, zum Theil in oft lachtergroßen, kugelig, cylindrisch oder unregelmäßig lappig gestalteten Klumpen (Knollensteine), welche isoliert im losen Braunkohlensande liegen, durch ihr kieseliges Cement eine außerordentliche Festigkeit erlangen und sehr häufig aus krystallinischen Quarzkörnern bestehen; Thone von grauer, oft auch weißer Farbe, oft sehr rein und vollkommen plastisch, bald reich an Pflanzenabdrücken, und endlich Braunkohle. Letztere, deren Ablagerungen eine so außerordentliche Bedeutung auf Norddeutschlands Industrie und Wohlstand geäußert haben, erscheinen in mancherlei Varietäten, so als holzige und erdige Braunkohle, Moorkohle, Lignit, Papierkohle und endlich als Wackskohle. Letztere, namentlich aus der Gegend von Weissenfels bekannte, als Pyropissit bezeichnete, zur Fabrikation von Paraffin verwendete, wesentlich aus Pflanzenwachs

*) C. F. Zincken. Physiographie der Braunkohle. Hannover 1867 und Suppl. 1872. — H. von Dechen. Die nutzbaren Mineralien und Gebirgsarten im Deutschen Reiche. Berlin 1873. S. 429 bis 542. — K. von Fritsch. Die Tertiärformation Mitteldeutschlands. Festschrift IV. Deut. Bergmannstag. Halle a. S. 1889.

bestehende Varietät ist sehr leicht, schmutzig gelb, erdig und schmilzt am Feuer rasch zu einer pechartigen Masse.

Das Tiefland Nordostdeutschlands und die mit ihm zusammenhängenden beiden südlichen Buchten müssen während jener Tertiärperiode zeitweilig von ausgedehnten Sümpfen und Mooren, sowie von Wasserlachen bedeckt gewesen sein, auf welchen und um welche herum eine üppige subtropische Flora wucherte. Durch allmählich fortschreitende Ausfüllung dieser Lachen von seiten der abgestorbenen Reste der an Ort und Stelle wachsenden Sumpf- und Moorvegetation, sowie ausgedehnter Waldungen und Dickichte wurde das Material der meisten Braunkohlenflötze Norddeutschlands geliefert. Von Sand- und Thonschichten bedeckt, wurden sie vor dem Wegfaulen bewahrt und durch den bei Abschluss der Luft eintretenden Vermoderungsprocess allmählich in Braunkohle verwandelt. An der Zusammensetzung dieser Braunkohlenflötze nehmen sehr oft noch wohl-erhaltene, aber brettartig zusammengedrückte Stämme und Äste von Nadelhölzern, seltener von Laubbölzern und Palmen einen wesentlichen Anteil. Weniger häufig ist das auf die Autochthonie*) solcher Flötze hinweisende Auftreten noch aufrecht stehender im Liegenden der Flötze wurzelnder 4—3 m hoher Baumstrünke.

Die Braunkohlen bilden Flötze von oft beträchtlicher Ausdehnung, welche oft sehr bedeutende, am Meißner über 30, bei Magdeburg 20, bei Zeitz etwa 44, bei Lützkendorf 70, bei Nachterstädt über 50 und bei Muskau gegen 30 m, sehr gewöhnlich aber 4—3 Lachter Mächtigkeit erreichen, ohne sich jedoch gleich zu bleiben, vielmehr sind Anschwellungen und Verdrückungen häufige Erscheinungen. Nicht selten kommen mehrere Flötze über einander vor, so bei Riestedt 5, bei Muskau 6, in der Mark 7 u. s. w. Häufig sind Lager von Alaunthon, welcher zur Darstellung von Alaun und Eisenvitriol benutzt wird, mit den Braunkohlenflötzen vergesellschaftet (Schwemsal, Bornstedt, Muskau, Freienwalde, Zittau).

Von den Braunkohlenablagerungen Norddeutschlands beschäftigen uns an dieser Stelle zunächst diejenigen des **Oligocäns**. Die Reihenfolge der an dem Aufbau derselben teilnehmenden Sand-, Kies- und Thonschichten und Braunkohlenflötze ist keine gesetzmäßige; nur für kleinere Areale zeigt sich eine einigermaßen constante Gliederung. So baut sich z. B. die Braunkohlenformation der Gegend von Halle a. d. S. nach Laspeyres**) von oben nach unten aus folgenden Gliedern auf (siehe Profil Fig. 560).

5. Oberes Braunkohlenflötz, bis 5 mächtig.

4. Stubensand, ein reiner Quarzsand, zum größten Teil bestehend aus lauter Quarzkryställchen, zuweilen zu Sandsteinen und Knollen-

* H. Potonié. Jahrb. d. k. preuß. geol. La. 1895. S. 4.

**, Z. d. D. geol. Ges. 1872. S. 285.

steinen verkittet. Diese bei Teuchern mit *Limulus Decheni* Zinck. Bis über 30 m mächtig.

3. Unteres Braunkohlenflötz, bis 6 m mächtig. Durch zwischengelagerte sandige Mittel kann sich dieses Flötz in eine untere Flötzgruppe spalten.

2. Untere Zone der Knollensteine oder des Braunkohlensandsteines. In einer bis 2 m mächtigen, thonig-sandigen Schicht liegen bis centnerschwere, oft sehr bizarr geformte Knollensteine von dichtem oder fein krystallinischem Quarzit.

4. Kapselthon, ein weißer oder lichtgrauer plastischer Thon von 10 bis 20 m Mächtigkeit, stellenweise, z. B. unweit Salzmünde, sehr reich an Gypskrystallen.

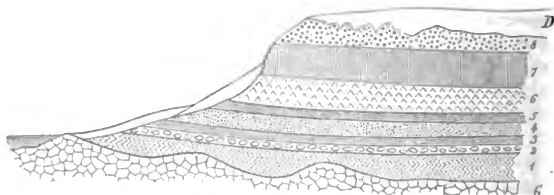


Fig. 560. Profil der Oligocänformation in der Gegend von Halle a. d. S. Nach Laspeyres.

D Diluvium.

8 Form- oder Glimmersand.

7 Septarienthon

6 Stettiner Sand

} Marines Mitteloligocän.

5 Oberflötz

4 Stuben- oder Quarzsand

3 Unterflötz

2 untere Knollensteinzone

1 Kapselthon

G Älteres Gebirge (hier Porphyr).

} Unteroligocäne
Braunkohlenformation.

Auch im nordwestlichen Teile des Königreichs Sachsen (vergl. Fig. 564, S. 686) beginnt die Braunkohlenformation mit:

Quarzkiesen und Sanden (local mit Alunitkugeln), sowie lichten Thonen, erstere reich an Knollensteinen. Darüber folgen

2 durch Thone und Sande getrennte Braunkohlenflötze, deren unteres mehr als 10 Meter Mächtigkeit erreicht*).

Auf diese Glieder der Halle'schen und Leipziger Braunkohlenformation folgt das marine Mittel- und Oberoligocän, welches weiter unten beschrieben werden soll (vergl. S. 686 ff.).

Noch älter als die beschriebenen Braunkohlenablagerungen sind diejenigen, welche bei Helmstädt, Latdorf, Egeln und Warsleben vom marinen Unteroligocän überlagert werden und somit dem untersten Niveau dieser Stufe angehören (S. 683 u. 688).

* H. Crd. Z. d. D. geol. Ges. 1878. S. 615.

Das Material der oligocänen Braunkohlen ist namentlich von den Hölzern von Coniferen, und zwar vorzüglich Cupressineen, geliefert worden. So besteht die Hauptmasse fast aller in der Umgebung des Harzes vorkommenden Braunkohlenflötze aus Stämmen von *Taxoxylon*, derer Schlesiens aus *Cupressinoxylon* und *Taxoxylon*, derer des Leipziger Kreises aus *Pinus* (*Cupressoxylon*) *Protolarix*, *Sequoia Couttsiae*, neben diesen aber auch aus *Palmacites Daemonorhops* und einer *Betula*. Während demnach manche Braunkohlenflötze vorwiegend aus Coniferenhölzern bestehen, sind andere lagenweise von Wasserpflanzen (*Salvinia*, *Trapa*) oder von Laubhölzern zusammengesetzt. Auch die Thone und Sandsteine, Schieferthone, welche jene zu begleiten pflegen, beherbergen local zahlreiche Reste, und zwar vorzugsweise Blätter von Laubhölzern. Als für diese unteroligocäne Flora bezeichnende Pflanzen sind u. a. zu nennen: *Sequoia Couttsiae* Heer, *Sabal major* Ung., *Sterculia labrusca* Ung., *Apocynophyllum neriiifolium* Heer, *Dryophyllum Dewalquei* Sap., *Trapa Credneri* Schenk. Für die Gesamtheit der Flora ist charakteristisch das Zusammenvorkommen von Coniferen, immergrünen Laubbäumen, Fächer- und Cocuspalmen; sie besaß ungefähr den Habitus der Vegetation Floridas und Louisianas, jedoch sind Anklänge an den indisch-australischen Charakter der Floren früherer Zeitalter nicht zu verkennen.

b. Die marinen Gebilde.

Zwischen die terrestre Facies des Oligocäns, also zwischen die einzelnen Braunkohlencomplexe, schieben sich infolge säcularer Oscillationen z. T. auf weite Erstreckungen marine Ablagerungen ein. Dieselben gehören dem Unter-, Mittel- und Oberoligocän an.

1. Das marine Unteroligocän *).

Es sind dies die Sande und Thone, welche bei Latdorf, Egeln, Magdeburg, Aschersleben und Helmstedt aufgeschlossen sind, dort den somit ältesten Complex der terrestren Braunkohlenformation überlagern (S. 682), Phosphoritknollen führen und als unteroligocäne Ablagerungen von Egeln bezeichnet werden. Sie sind zum Teil ganz außerordentlich reich an Resten von Meeresbewohnern; einige der bezeichnendsten derselben sind: *Ostrea ventilabrum* Goldf., *Chama monstrosa* Phil., *Spondylus Buchi* Phil., *Pecten bellicostatus* Wood, *Leda perovalis* Kön., *Astarte Bosqueti* Nyst., *Arca appendiculata* Sow., *Cardium Hausmanni* Phil., *Cerithium laevum* Phil., *Pleurotoma Beyrichi* Phil., *Pleurotoma Bosqueti* Nyst., *Buccinum bullatum* Phil., *Voluta decora* Beyr. Zu ihnen gesellen sich zahlreiche, den Geschlechtern *Cyathina*, *Turbinolia*, *Balanophyllia*, *Caryophyllia* angehörige Einzelkorallen.

* A. von Koenen. Das Norddeutsche Unter-Oligocän und seine Mollusken-Fauna. Abh. z. geol. Specialk. v. Pr. Berlin 1889—1894.

In dem Bohrloche der Citadelle Spandow wurden unter dem Mitteloligocän (Stettiner Sand und Septarienthon) in 344 bis 389 m Tiefe unteroligocäne glaukonitische Sande und Thone mit *Ostrea ventilabrum* Goldf. und dann direct das Grundgebirge erbohrt (Fig. 561). In der Mark Brandenburg fehlen somit die in der Provinz und im Königreiche Sachsen auftretenden unteroligocänen Braunkohlencomplexe gänzlich, vielmehr ist hier das Unteroligocän, ebenso wie das Mittel- und Oberoligocän, in mariner Facies entwickelt. Erst dann folgt die der Leipziger oberen Braunkohlenformation entsprechende untermiocäne märkische Braunkohlenbildung (o.B. in Fig. 561).

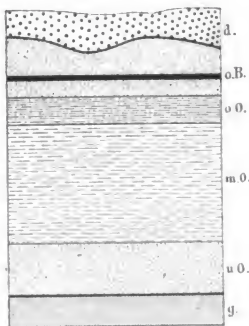


Fig. 561. Profil durch das Tertiär der Gegend von Berlin. Nach G. Berendt.

d. = Nordisches Diluvium. — *o.B.* = obere (miocäne) Braunkohlenformation (60 m). — *u.O.* = marines Oberoligocän, 30 m. — *m.O.* = marines Mitteloligocän (Septarienthon und Stettiner Sand) 170 m. — *u.O.* = marines Unteroligocän, 75 m. — *g.* = Grundgebirge (z. T. mittlerer Lias).

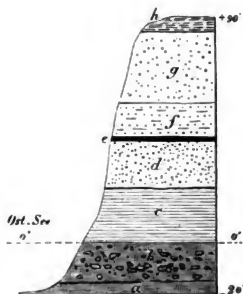


Fig. 562. Profil durch die samländische Bernsteinformation bei Gr. Hubnicken. Nach Runge.

h Humus.
g Diluvium.
f Gestreifter Sand
c Braunkohle
d Weißer Sand
e Triebsand u. grüne Maner
b Blaue Bernsteinerde
a Wilde Erde
o' Ostseespiegel.

Unteroligocäne
 samländische Braunkohlenformation
 und
 Bernstein führende
 Glaukonitformation.

Von ebenfalls unteroligocänem Alter ist die bernsteinführende Schichtenreihe des Samlandes bei Königsberg*). Der Bernstein kommt an der Küste Preußens in einer Lage glaukonitischen Sandes unregelmäßig local in außerordentlicher Menge verteilt vor. Diese bernsteinführende

*; Zaddach. Das Tertiärgebirge des Samlandes. Schrift. d. phys.-öc. Ges. Königsberg 1868. — Jentzsch. Beitr. z. Kenntnis d. Bernsteinformation. Schrift. d. phys.-öc. Ges. zu Königsberg 1876. S. 401. — F. Nötling. Fauna d. samländ. Tertiärs. Abh. z. geol. Spec. Karte von Preußen. Bd. VI. H. 3 u. 4. — A. v. Koenen. Abh. k. pr. geol. La. X. 1894. S. 1366. — Göppert, Berendt, Koch. Der Bernstein und die in ihm befindlichen organischen Reste. Berlin. Bd. I. 1845. Bd. II. 1856. — Göppert u. Menge. Flora des Bernst. Bd. I. 1883; Bd. II. 1886 von H. Conwentz. — Ders. Monographie d. baltischen Bernsteinbäume. Danzig 1890.

Schicht (s. Fig. 562) ist 1,3 bis 1,7 m mächtig, liegt meist noch unter dem Spiegel des Meeres und wird von einem bis 23 m mächtigen, bernstein-armen Glaukonitsande und dieser von Sanden, Thonen und Braunkohlen überlagert. Die Glaukonitsande enthalten neben Phosphoritknollen und dem Bernstein, letzterer mit zahlreichen Insecten, Arachnoiden und Myriopoden, sowie mit Resten von immergrünen Eichen, Magnolien, Lorbeer, Palmen und Cypressen eine nicht unbedeutende Menge unteroligocäner Mollusken und Echiniden. Die über ihnen lagernde Braunkohlenbildung (d, e, f) mit *Sequoia*, *Taxodium*, *Glyptostrobus*, *Gardenia*, *Populus*, *Ficus*, *Alnus*, *Cinnamomum* u. a. dürfte noch dem Unteroligocän angehören, also der Halle-Leipziger unteren Braunkohlenformation ungefähr äquivalent sein. Der Bernstein findet sich im Samlande auf secundärer Lagerstätte und ist im Anfange der Oligocänperiode durch das Meer angeschwemmt worden. Dieses Harz stammt nach Conwentz von 4 Kiefern-Arten und einer Fichte (*Picea Engleri* Conw.) ab, welche einen großen Teil des nördlichen Europas, namentlich Skandinaviens, bedeckt haben müssen.

Localisierte Anhäufungen von Bernstein im Diluvium der Mark, Sachsens und Mecklenburgs scheinen auf eine westliche Fortsetzung der Bernsteinlager hinzuweisen.

2. Das marine Mitteloligocän*).

Das im größten Teile von Norddeutschland verbreitete marine Mitteloligocän besteht zum Teil aus Sand und Sandstein, zum Teil aus Thon und wird im ersteren Falle nach typischen Aufschlusspunkten Stettiner Sand, in letzterem Septarienthon genannt, weil er rundliche oder flach ellipsoidische Septarien eines dichten, von Kalkspatadern durchsetzten Kalksteines umschließt. Diese mitteloligocänen Schichten und besonders die Septarien- (oder Rupel-)thone sind sehr reich an organischen Resten, unter welchen namentlich Foraminiferen und Mollusken eine wichtige Rolle spielen. Unter ersteren sind die Geschlechter *Cristellaria*, *Nodosaria*, *Truncatulina*, *Triloculina*, *Rotalia* die vorwaltenden; von Mollusken sind als ausschließlich mitteloligocän hervorzuheben:

Leda Deshayesiana Duch. (Fig. 563),

Nucula Chasteli Nyst., *Axinus obtusus* Beyr., *Pecten permistus* Beyr., *Fusus multisulcatus* Nyst., *Pleurotoma Duchasteli* Nyst. und *Pl. regularis* de Kon. Zu ihnen gesellen sich *Cyprina rotundata* Br. und *Aporrhais speciosa* Schl. in großer Häufigkeit. Einige der Hauptaufschlus-



Fig. 563. *Leda Deshayesiana* Duch.
a von außen; — b von innen.

* A. von Koenen. Das marine Mitteloligocän Norddeutschlands und seine Molluskenfauna. Kassel 1868 u. 69.

punkte der hierher gehörigen, bei Leipzig und Halle etwa 24, bei Spandau 172 m mächtigen Schichten sind: das Oderthal bei Stettin, Freienwalde, Biere, Buckow, Latdorf, Mallis, Itzehoe, Aarhus, Hermsdorf, Neustadt-Magdeburg, Görzig bei Köthen, Söllingen, Walle bei Celle, Leipzig.

Auf die oben (S. 684) kurz beschriebenen Glieder der Halle'schen Braunkohlenformation folgen als Vertreter des Mitteloligocäns:

1., also 6 in obigem Profile (Fig. 560, S. 682): der Stettiner Sand, eine 3 bis 13 m mächtige Ablagerung von feinem Sande, mit viel Glimmerblättchen, imprägniert von Schwefelkiesteilchen, nach unten zu oft schwarzbraun (Braunkohlensand). Oft reich an Knollen oder Schnüren von Aluminitt und daher als Aluminitsand bezeichnet. Er geht über in

2., also 7 in Fig. 560: Septarienthon, eine thonig-sandige Ablagerung mit linsenförmigen Kalksteinconcretionen (Septarien) mit Gypskrystallen und Brauneisensteinknollen. Darüber folgt

oberoligocäner Sand (Formsand, Glimmersand), feinkörnige, glimmerreiche, zum Teil eisenschüssige, ungeschichtete Quarzsande, bis 15 m mächtig und wahrscheinlich marinen Ursprunges (8 in Fig. 560).

Ganz ähnlich setzt sich nach H. Crd.*) das marine Mitteloligocän von Leipzig zusammen (Fig. 564). Auf das Braunkohlenflötz des Unteroligocäns (S. 682 und u.b. Fig. 564) folgt direct

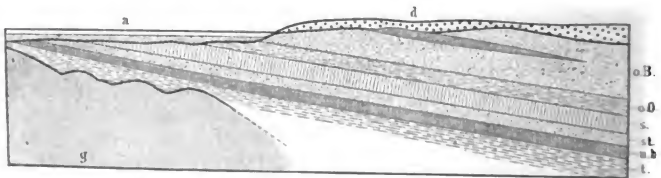


Fig. 564. Profil durch das Tertiär von Leipzig. H. Crd.

- a = Alluvialaue der Elster und Pleiße;
d = Diluvium.
o.B. = obere Braunkohlenformation
mit schwachen, sich auskeilenden Flötzen; 35 m } Unteroligocän.
o.O. = Glimmersand 10 m. } Oberoligocän.
s. = Septarienthon 10 m }
st. = Stettiner Sand 10 m } Marines Mitteloligocän.
u.b. = Braunkohlenflötz, bis 11 m } Unteroligocäne Braunkohlenformation.
t. = lichte Thone
g. = Grundgebirge (Grauwacken und oberes Carbon).

1 (st. in Fig. 564). grauer, z. T. glaukonitischer Sand mit Phosphoritknollen, reich an *Pectunc. Philippii*, *Apor. speciosa*, *Cypr. rotundata*;

2 (s. in Fig. 564). plastischer Septarienthon mit *Leda Deshayesiana*, *Nucula Chasteli*, *Fusus multisulcatus*; darüber

*) H. Crd. Das Oligocän des Leipziger Kreises. Z. d. D. geol. Ges. 4878. S. 643 und 4886. S. 493. — Ders. Die Phosphoritknollen etc. Abh. d. k. Sächs. Ges. d. Wiss. XXII. No. I. Leipzig 1895.

3 (o.O. in Fig. 564). glimmerreiche versteinungsleere, bereits oberoligocäne Quarzsande (Glimmersande), und zu oberst

4 (o.B. in Fig. 564). eine obere, untermiocäne Braunkohlenformation (S. 688).

3. Die marinen Gebilde des Oberoligocäns

treten nur sehr sporadisch zu Tage, so in dem Landstriche zwischen Hildesheim und Osnabrück, wo weiche Mergel vereinzelte unansehnliche Hügel im Gebiete mesozoischer Formationen zusammensetzen. Die bedeutendste der hierher gehörigen Ablagerungen bildet den Doberg bei Bünde, wo sie auf Septarienthon und unteroligocänen Schichten ruht*) und namentlich führt: *Echinolampas Kleini* Ag., *Spatangus Hoffmanni* Goldf., *Terebratula grandis* Blumenb. (Fig. 565), *Pecten Janus* Goldf., *Pecten decussatus* Münst.

Auch in Kurhessen erscheinen z. B. auf Wilhelmshöhe, bei Ober- und Niederkaufungen über den Septarienthon oberoligocäne, lose Quarzsande, Sandsteine und sandige Thone mit *Pecten decussatus* Münst., *Arca Speyeri* Semp., *Ancillaria Karsteni* Beyr., *Nassa pygmaea* Schloth., *Pleurotoma subdenticulata* Münst. Oberoligocänen Alters sind endlich die unter dem Namen

Sternberger Kuchen bekannten Sandsteingerölle, welche sich im westlichen Mecklenburg-Schwerin im Diluvialkiese vorfinden**) und zum Teil dermaßen von Molluskenresten angefüllt sind, dass das ganze Gestein nur aus ihnen zu bestehen scheint. Fast alle oben von Kassel angeführten Arten kommen auch in ihnen vor. Diese »Kuchen« stammen von Sandsteinbänken ab, welche den dortigen, an oberoligocänen Mollusken reichen, glaukonitischen Sanden eingelagert sind.

Marines Oberoligocän ist außerdem in der niederrheinischen Bucht bei Crefeld, Düsseldorf und Grafenberg unter der niederrheinischen Braunkohlenformation vorhanden. Im östlichen Teile des norddeutschen Tieflandes ist dasselbe bei Priorfließ, Rackow und Gr. Ströbitz unweit Cottbus mit marinen Resten, ohne solche an zahlreichen Punkten (z. B. Berlin und

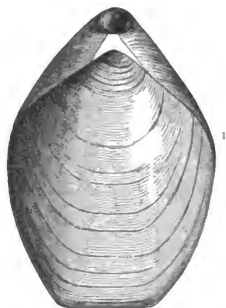


Fig. 565. *Terebratula grandis* Blum.

*) A. von Koenen. Z. d. D. geol. Ges. 1866. S. 287. — E. Lienenklaus. Oberoligocän-Fauna des Doberges. Osnabrück 1894.

**) E. Geinitz. Flützformationen Mecklenburgs. Güstrow 1883. S. 433, IX. Beitr. z. Geol. Mecklenb. 1887. S. 4.

Spandau) erhoben worden*). Auch die Form- und Glimmersande Sachsens (siehe oben) dürften hierher gehören**). Hier (vergl. Fig. 564), wie in der Mark (vergl. Fig. 564) und in Hessen, wird dieses Oberoligocän von der oberen (untermiocänen) Braunkohlenformation überlagert***), auf welche z. B. in Mecklenburg das marine Miocän folgt (siehe unter Jungtertiär). Es gehören demnach die Braunkohlen Norddeutschlands, wie nachstehende tabellarische Zusammenstellung zeigt, mindestens drei geologischen Horizonten an.

Die Braunkohlenformationen Norddeutschlands und ihre geologische Stellung.

Miocän	Marine, mittelmiocäne Sande, Sandsteine und Thone von Lubtheen und Bokup.
	Braunkohlenformation der Mark, Pommerns, Mecklenburgs, der pr. Lausitz, des Meißners, des Habichtswaldes, des Sollings, des Niederrheins, obere Braunkohlenformation von Leipzig und der sächs. Lausitz.
Ober-Oligocän	Marine Glimmersande von Cottbus, der Mark, des Sollings, der Kasseler Gegend, von Leipzig; Sternberger Sande und Sandsteine; Eisensande von Crefeld und Grafenberg.
Mittel-Oligocän	Mariner Stettiner Sand und Septarienthon des norddeutschen Tieflandes, Nordwest-Sachsens, Hessens und des Niederrheins.
Unter-Oligocän	Braunkohlenformation des Harzrandes, der Gegend von Halle und Leipzig, von Kaufungen in Hessen, sowie des Samlandes.
	Marine Glaukonitsande von Egelu, des Spandauer Bohrloches, von Mallis i. Meckl.; Bernstein führende Glaukonitsande des Samlandes.
	Braunkohlenformation von Egelu und Aschersleben.

Das Neogen (Jungtertiär).

Die Miocän- und Pliocänformation.

Wie die klimatischen Verhältnisse und von diesen abhängig die Faunen und Floren, so sind auch die Conturen der Continente im Verlaufe der

*) G. Berendt. Die märkisch-pommersche Brkformat. u. ihr Alter. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1883. S. 643. — Ders. Sitzber. d. k. pr. Ak. d. Wiss. Berlin 1885. XXXVIII. Juni. — Ders. Abh. z. geol. Sp.-Karte v. Pr. VII. Heft 2. Berlin 1886.

**) H. Crd. Z. d. D. geol. Ges. 1886. S. 493.

***) G. Berendt l. c. — Th. Ebert. Z. d. D. geol. Ges. 1881. S. 654; — J. Graul. N. Jahrb. 1885. I. S. 487. — E. Stremme. Z. d. D. geol. Ges. 1888. S. 310.

Tertiärzeit in einer steten Veränderung begriffen. Dafür spricht die Verbreitung der jüngeren (der neogenen) Tertiärgebilde, verglichen mit der des Eocäns und Oligocäns. In dem Tertiärbecken der Seine schließen oligocäne Gebilde die tertiäre Schichtenreihe ab, — in dem Loirebecken hingegen beginnt sie mit dem Miocän, ist also auf das Neogen beschränkt, — auf dem Tertiärgebiete Englands finden sich nur sehr unbedeutende Ablagerungen von jüngerem als oligocänem Alter, der Crag, — in dem ganzen weiten Osten des norddeutschen Tertiärlandes sind miocäne oder pliocäne marine Gebilde unbekannt, — in der ungarischen Ebene, in Kroatien, Slavonien, Bosnien und Siebenbürgen hingegen breiten sie sich zu einem gewaltigen Becken aus, welches durch einen schmalen, dem Nordrande der Alpen folgenden Meeresarm in Verbindung mit dem damaligen Mittelmeer stand, dessen Absätze weit auf das jetzige Festland von Spanien, Südfrankreich, Italien, Algerien, Kleinasien und Armenien übergreifen, — alles Erscheinungen, welche auf beträchtliche Verschiebungen der Meeresgrenzen im Verlaufe der Tertiärzeit hinweisen.

Da die Meere während dieser Periode in vielen Buchten und Canälen in die Continente hineingriffen, so sind Brackwasser- und Sumpfbildungen häufige Erscheinungen, welche der jungtertiären Schichtenreihe eine große Mannigfaltigkeit und Abwechselung mittheilen. An einem Punkte treffen wir Kalktuffe und Landschnecken oder Sande mit Knochen- und Zahnresten von Landtieren, an einem anderen Braunkohlenflötze mit den wohl erhaltenen Stämmen und Zweigen von Sumpfcypressen (*Taxodium*), Tannen, Eichen, Magnolien, Platanen und Ulmen, welche weite Sumpf- oder Waldflächen bedeckt haben müssen. An einer dritten Stelle begegnen wir feinen Schiefern, von Bitumen durchdrungen, mit Blättern, Blüten und Früchten von Landpflanzen, dazwischen Käfer, Ameisen und Libellen, aber auch Reste von Schildkröten und Krokodilen, kurz Ablagerungen, wie sie sich in dicht umwaldeten Landseen und Deltalagunen bilden müssen. Endlich bieten sich uns in Sanden mit Austern und *Cerithien* Ufergebilde, in Kalken, Thonen und Mergeln mit zahlreichen Bewohnern des offenen Meeres eigentliche pelagische Ablagerungen.

Die Flora der Neogenzeit war eine viel üppigere und mannigfaltigere als die des heutigen Europas, und vereinigte noch zahlreiche Pflanzentypen, welche heute über alle Welttheile zerstreut sind*), darunter namentlich viele japanische und nordamerikanische Arten. Zu Palmen und Bambusen, Lorbeer-, Kampher- und Zimmetbäumen, zu Magnolien, Myrthen, Seifenbäumen, Mimosen und Akazien gesellen sich Platanen, Feigen, Pappeln, Ahorn, Kastanien, Ulmen, Nussbäume, Haselnüsse, Weiden, Birken, Erlen und immer-

* O. Heer. Über das Klima und die Vegetationsverhältnisse des Tertiärlandes. Winterthur 1860.

grüne Eichen, sowie Sequoien, Taxodien und Pinusarten. Jedenfalls weist die große Zahl immergrüner Gewächse, die Vergesellschaftung derselben mit Palmen, Cycadeen, Feigenbäumen, Lorbeer, Myrthe und anderen tropischen und subtropischen Pflanzen, wie sie das mitteleuropäische Miocän beherbergt, auf ein weit milderes Klima hin, als es heute hier herrscht. Zugleich macht sich die Thatsache bemerklich, dass die Neogenflora unserer Breiten von fast tropischer Entwicklung ausgehend mit der Zeit an Typen heißer Länder immer ärmer wird und gegen Ende des Pliocäns den Charakter der Flora gemäßiger Zonen annimmt.

Eine ganz besonders interessvolle Bedeutung haben die Tertiärfloren **arktischer Gegenden** *. Grönland, heute zum größten Teile von Inlandeis bedeckt, besaß noch während der Tertiärperiode bis mindestens hinauf zum 70° nördlicher Breite einen so üppigen Pflanzenwuchs, dass sich dessen Reste bis zu 3 m mächtigen Braunkohlenflötzen anhäufen konnten. Die Hauptvertreter dieser Flora bilden Sequoia-, Taxodium-, Magnolia-, Platanus-, Sassafras-, Populus- und Juglans-Arten, sowie großblättrige Eichen. Noch höheren Breiten gehört die Tertiärfloren von Spitzbergen an (78° n. Br.). In ihr dominieren die Nadelbölzer (Sumpfcypresse, Fichte, Sequoia, Libocedrus); unter den Laubbäumen treten uns Pappeln, Eschen, Erlen, Birken, großblättrige Eichen, Platanen, Wallnuss, Magnolien, Linden und Ahorn entgegen. Die nördlichsten aller bekannten Tertiärpflanzen stammen aus Grinnell-Land (81° 45' n. Br.) und bestehen aus 30 Arten von Sumpfcypressen, Fichten, Kiefern, Eiben, Ulmen, Birken, Linden und Pappeln, — eine Flora, welche eine mittlere Jahrestemperatur von mindestens 8° C. verlangt, während diese dort gegenwärtig 20° unter Null liegt. Einen ähnlichen Habitus besitzen die Tertiärfloren von Island und vom Bärensee-Fluss in Nordcanada.

Heer findet zwischen dieser arktischen Vegetation und derjenigen des Miocäns von Centraleuropa eine solche Ähnlichkeit, dass er auch ersterer das nämliche, also miocänes Alter zuschreibt. Wenn sich nun auch gegen letzteren Schluss mancherlei Bedenken geltend machen lassen, so ist doch ihre Zugehörigkeit zur Tertiärperiode zweifellos.

Die Thatsache, dass während der letzteren eine üppige Vegetation bis in die Nähe des Nordpales gereicht hat, wo jetzt der Boden unter einer mächtigen Eisbedeckung starrt, wo gegenwärtig während eines größeren Teiles des Jahres ununterbrochene Nacht herrscht, lässt sich durch bloße Inanspruchnahme einer damals noch herrschenden größeren Eigenwärme der Erde nicht erklären, hat vielmehr zur Theorie einer stattgehabten Änderung in der geographischen Lage der Erdachse und einer

* O. Heer, Flora fossilis arctica; die fossile Flora der Polarländer. 7 Bde. Zürich 1868—1883.

damit verbundenen Verschiebung der Pole im Verlaufe der Tertiärzeit geführt*). Die Beobachtung, dass die im Verhältnisse zu den oben beschriebenen Vorkommnissen in entgegengesetzter, also östlicher Richtung vom Pol gelegenen Tertiärfloren von Alaska, Kamtschatka, Amurland und Japan ein entschieden nördlicheres Gepräge tragen als diejenigen von Grinnell-Land, Grönland, Spitzbergen und Island, — ja z. T. sogar auf ein kühleres Klima hinweisen, als es heute dort herrscht (Japan), scheint darauf hinzudeuten, dass der Nordpol zu jener Zeit seine Lage im nordöstlichen Asien gehabt haben mag.

In der neogenen Fauna Europas fallen zunächst riesige Rüsseltiere, nämlich jetzt vollkommen ausgestorbene Elefanten, die Mastodonten, auf. Dieselben besaßen vier Stoßzähne, zwei große schwach gebogene im Oberkiefer und zwei kleine gerade im Unterkiefer; ihre Backenzähne haben keinen blätterigen Bau, wie die des späteren Elefanten, sondern sind mit zitzenförmig geteilten Querjöchern versehen (siehe Fig. 566). Vergesellschaftet mit den Resten der Mastodonten finden sich die des Dinotherium,



Fig. 566. Backenzahn von Mastodon, die mit zitzenförmigen Erhöhungen versehenen Querhügel zeigend.



Fig. 567. *Dinotherium giganteum* Kaup.

ebenfalls eines gewaltigen Rüsseltieres, mit nach unten gewandten Stoßzähnen im Unterkiefer (siehe Fig. 567). Auch echte Elefanten erscheinen gegen Ende des Tertiärs. Aus der übrigen neogenen Säugetierfauna sind noch hervorzuheben: von Unpaarhufern das Rhinoceros und der Tapir; von Paarhufern Hippopotamus und Schweine, ferner Hirsche, zuerst noch mit perennierendem und wenig gegabeltem Geweih, sowie Antilopen; von Raubtieren echte Katzen, Hyänen, Bären und Hunde, endlich sowohl langschwänzige, wie gibbonähnliche Affen (*Semnopithecus* und *Dryopithecus*). Besonderes Interesse beanspruchen *Anchitherium* und *Hipparion* als

*) A. G. Nathorst. Fossile Flora Japans. Pal. Abh. IV. 3. Berlin 1888. S. 53.

jungtertiäre Stammformen des Pferdes. Den Ausgangspunkt des Pferdestammes bildet in Europa das oligocäne *Palaeotherium* (S. 664, Fig. 524), ein dreizehiges Huftier, bei welchem die mittlere Zehe zwar schon stark

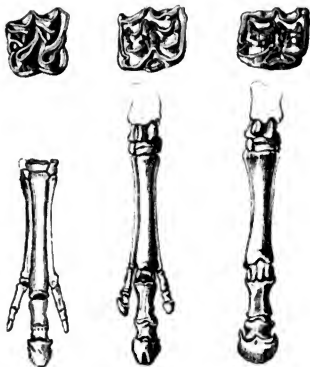


Fig. 568.

Fig. 569.

Fig. 570.

Fig. 568—570. Oberer Backzahn und Hinterfuß:
568 vom *Anchitherium*, 569 vom *Hipparion*, 570 vom Pferd.

hervortritt, aber die beiden anderen doch noch kräftig sind und den Boden berühren. Ihm folgt im Miocän *Anchitherium* mit noch mehr verkürzten Seitenzehen (Fig. 568), dann im Pliocän *Hipparion*, bei welchem die letzteren zu schwachen Rudimenten reduziert sind (Fig. 569), bis endlich bei dem quartären Pferd die Seitenzehen ganz zum Wegfall gekommen sind (Fig. 570). Gleichzeitig mit dieser Reduction der Seitenzehen entwickeln sich aus den kurzen gewurzelten Backenzähnen des *Palaeotherium* lange, säulenförmige Zähne mit immer entwickelteren Schmelzfalten (Fig. 568 bis 570). In Nordamerika ist

die genealogische Reihe der Equiden noch reicher als in Europa und beginnt bereits im Untereocän mit *Eohippus*.

Die Beispiele, an denen die Gliederung der miocänen und pliocänen Schichtenreihe erläutert werden soll, müssen wegen der oben angedeuteten Verschiebung der Grenzen zwischen Festland und Meer anderen Tertiärgebieten entnommen werden als die früheren. Wir wählen das Becken von Mainz und das von Wien, verfolgen dann zunächst das begonnene norddeutsche, sowie das schweizerisch-bayerische Profil, und verweisen hierbei und im übrigen auf beistehende Tabelle (S. 693).

Das Becken von Mainz*).

Die tertiären Gebilde des sogenannten Mainzer Beckens dehnen sich südlich vom Taunus, also von Bingen, Wiesbaden, Nauheim auf beiden Seiten des Rheines durch den Elsass bis nach Basel aus und erstrecken

*) Fr. Sandberger. Die Conchylien des Mainzer Tert.-Beckens. Wiesbaden 1863. — R. Lepsius. Das Mainzer Becken. Darmstadt 1883. — Ders. Geologie von Deutschland. I. Stuttgart 1887—92. S. 590—646 (beide mit vollständiger Litteratur).

Malzer Becken	Norddeutschland	Süddeutschland und Schwab	Österreich-Ungarn	Italien	Osteichenland	Frankreich	England
Pliocene				Marines Pliocän des Monte Mario, von Tarent, Palermo u. s. w.	Marines Pliocän von Kos und Rhodes (Kalamaki?)	Süßwasserkalke der Auvergne z. T.	Norwich and Red Crag
			Paludinoschichten, Säugetierschichten von Frihr u. s. w.	Subapennin-Schichten von Asti, Srona, Castel Arquato, Vercelli, Mergel, Zandstein von Calabrien und Sicilien	Paludinoschichten von Kos, Paludinoschichten von Megara	Sande von Montpellier; Süßwasserkalke der Auvergne z. T.; Congerierschichten des Rhonethals	White or Coral Crag
	Dinotheriensand von Eppelsheim	Dinotheriensand	Pontische Stufe; Balcedere-Schotter Congerierschichten (Tegel) von Innersdorf	Congerierschichten von Cast. maritima, Gyps, Braunkohle V. Casino	Säugetierfauna von Pikermi	Säugetierfauna von Mt. Lubéron (Provence)	
Miozäne	Hydrion- (Littoriniden-) Schichten, Corbularschichten, die hierher die Braunkohlen der Weidenau und des Vogel-berges	Bakker Sandstein; Lithremer Sand, Glimmersand und Glimmerthon von Schleswig-Holstein und Lüneburg; Holstener Gestein; Oberer Gestein; von Harburg, Hildesheim, Elberfeld, Ems, etc.	Sarmatische Stufe; (Cerithien-sandstein, brackische Tegel). II. Mediterran-Stufe; (Badener Tegel, Leithakalk, Schichten von Grund). Schlier.	Braunkohlen vom Mte. Ramboli. Schichten von Torton	Hauptmasse der Süßwasserkalke von Chios, Lemnos, Imbros, Smyrna, Kos u. s. w.	Faluns von Salles und der Touraine	Wirbeltierschichten von Vansan
		Oberer Meeres-molasse (Helvetien); Muschel-sandstein; Graue Molasse; Blätter-sandstein von Kempen; (Mayence)	I. Mediterran-stufe; (Horner-schichten) Braunkohlen von Elbawald, Slotka u. s. w.	I. Mediterran-stufe; Serravallo-schichten der Saurga bei Turin; Saffell-schichten von Schio		Faluns von Salles und der Touraine	

sich den Main entlang bis nach Aschaffenburg, und in nördlicher Richtung zwischen Vogelsberg und Taunus bis nach Gießen. Abgesehen von randlichen Kies-, Sand- und Thonablagerungen sowie von Braunkohlenbildungen fluviatilen oder limnischen Ursprungs sind es Ablagerungen eines Meeresbeckens, welches allmählich ausgesüßt und dadurch erst in Brackwasser, dann in Süßwasser und schließlich in trockenes Land umgewandelt wurde, auf dem sich am Ende der Tertiärzeit Stromläufe herausbildeten. Die tertiäre Schichtenreihe des Mainzer Beckens lagert auf dem Devon, der Dyas und Trias ungleichförmig auf und beginnt im Norden mit mitteloligocänen Meeresbildungen (siehe Tabelle auf S. 674), im Elsass hingegen mit eocänen Kalken und unteroligocänen Petrolsandstenen terrestrischen und brackischen Ursprungs, auf welche dann erst das marine Mitteloligocän folgt (s. S. 678).

Die ältesten Ablagerungen des Mainzer Mitteloligocäns sind:

Die Meeressande von Weinheim, Alzey, Waldböckelheim, oft zu Sandsteinen zusammengebacken, mit den Skeletteilen einer Sirene (Fig. 571),



Fig. 571. *Halitherium Schinzi* Kaup aus dem mitteloligocänen Meeressand von Alzey.

Halitherium Schinzi Kaup*), und reich an Conchylien und Korallen, von denen viele, so *Ostrea cyathula*, *Ostrea callifera*, *Pectunculus obovatus*, *Cytherea incrassata*, *Corbula subpissum*, *Dentalium Kickxii*, im Mitteloligocän anderer Länder vorkommen. Noch bestimmter tritt das oligocäne Alter dieser Schichtencomplexe in den nächst höheren Stufen hervor, einem echten Septarienthone mit *Leda Deshayesiana* und *Fusus multisulcatus*, sowie den darüber liegenden Cyrenenmergeln von Rheinhessen, im unteren Mainthal, in der Wetterau, im Rheingau mit *Ostrea callifera*, *Cyrena semistriata*, *Cerithium plicatum*, *Cerithium margaritaceum*.

Die obersten Oligocänablagerungen (von Sandberger u. A. bereits zum Miocän gerechnet) besitzen einen local sehr wechselnden Charakter: bald sind es Sandsteine mit Blattabdrücken von *Cinnamomum*, *Sabal*, *Quercus*, *Ulmus* (Blättersandsteine von Münzenberg), bald Sande und namentlich Kalksteine, angefüllt von Cerithien (*Cerithiensand* und *Cerithienkalk*), von denen *Cerithium plicatum* Brug., *Cer. submargaritaceum* und *Cer. Rahti* Braun die häufigsten sind, und zu denen sich außer *Perna Sandbergeri*, *Cytherea incrassata* und *Mytilus socialis* noch zahlreiche eingeschwemmte

* R. Lepsius. *Halith. Schinzi*. Darmstadt 1884. 10. Taf.

Landschnecken (*Helix*, *Pupa*) und Süßwassermollusken (*Planorbis*, *Dreissensia*) gesellen (*Landschneckenkalk* von Hochheim und Flörsheim). Erst jetzt beginnt nach der Auffassung v. Koenen's, K. Mayer's u. A. das Neogen.

A. Miocän.

Corbiculakalk und Litorinellenkalk, lichte, feste Kalksteine, ersterer voll von *Corbicula* Faujasi, letzterer oft fast nur aus Gehäusen der kleinen *Litorinella* (*Hydrobia*) *acuta* Drap. = *ventrosa* Montf. (Fig. 572) und *L. inflata* Br., an anderen Stellen beinahe ausschließlich aus *Dreissensia* Brardii Brongn. oder *Mytilus* Faujasi Brongn. bestehend. Neben diesen sind noch zahlreiche Süßwasser- und Landmollusken (*Paludina*, *Limnaeus*, *Planorbis*,



Fig. 572. *Litorinella acuta*
Drap. = *ventrosa* Montf.

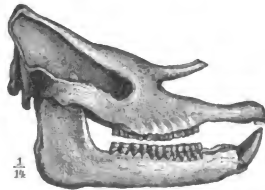


Fig. 573. *Rhinoceros* (*Aceratherium*)
incisivus Cuv.

Pupa, *Helix*) häufig. In der Umgebung von Wiesbaden, Mainz, Frankfurt gehen diese Schichten nach oben in Litorinellenthon (mit *L. ventrosa*) über. Sie besitzen durch das Vorkommen zahlreicher Wirbeltierreste (*Cainotherium*, *Rhinoceros incisivus* [Fig. 573], *Hippotherium*, *Cervus* u. a.) besonderes Interesse. Ausgezeichnete Aufschlüsse in die Cerithien-, Corbicula- und Litorinellenkalke gewähren u. a. die Steinbrüche bei Weisenau, Oppenheim und Nierstein.

Eine Sumpf- oder Süßwasserfacies dieser Stufe ist die mit Basaltergüssen wechsellagernde Braunkohlenformation der Wetterau und des Vogelsberges, deren südlicher Ausläufer sich als ein an Blattabdrücken reicher Letten bis nach Rheinhessen verfolgen lässt. Unter den Pflanzen, welche sich in der Braunkohle selbst, sowie in den sie begleitenden plastischen Thonen finden, sind besonders *Cinnamomum*, immergrüne Eichen, Magnolien, Akazien, Storaxbäume, Feigen, die Weinrebe, sowie Cyressen und Palmen vertreten. Die Hauptmasse der Flötze rührt von angeschwemmten Nadelhölzern, namentlich Cyressen- und Pinusarten her.

B. Pliocän.

Außer einigen Braunkohlen mit Pflanzenresten, welche einen nord-amerikanischen, der Jetztwelt sehr nahe stehenden Charakter besitzen, wird die Pliocänformation im Mainzer Becken durch eine 7 bis 10 m mächtige

fluviale Ablagerung von Sand und Gerölle repräsentiert, welche namentlich bei Worms direct auf die Litorinellenkalke folgen. Innerhalb dieser füllen sie kleine Mulden und Flussbetten aus, werden nach ihrem Hauptaufschlusspunkte Sande von Eppelsheim genannt und zeichnen sich durch ihre Führung von Resten einer reichen Fauna von Landsäugetieren aus. Besonders charakteristisch sind die Skeletteile von *Dinotherium giganteum* (daher auch *Dinotherien-Sand*), *Rhinoceros incisivus*, *Mastodon longirostris*, *Anthracotheium magnum*, *Hipparion* (*Hippotherium*) *gracile* und mehreren *Sus*-, *Cervus*- und *Felis*-Arten.

Das Wiener Becken*).

An die Tertiärzone, welche den West- und Nordabhang der Alpen begleitet, schließen sich die Tertiärgebilde von Niederösterreich, des sogenannten Wiener Beckens, und an diese nördlich und östlich die böhmische und ungarische Tertiärformation an. Unter dem Namen »Wiener Becken« versteht man jenes tertiäre Tiefland, welches im O von den Karpathen, dem Leithagebirge und dem Rosaliengebirge, im S von den östlichen Ausläufern der Alpen und im W von dem böhmisch-mährischen Massiv begrenzt wird. Die Schichtenreihe dieses Wiener Beckens (Fig. 584) ist in folgender Weise gegliedert worden:



Fig. 584. Idealer Durchschnitt des Beckens von Wien. Nach v. Hochstetter.
W.S. Wiener Sandstein; kr. krystallinische Gesteine des Leitha-Gebirges. I Mediterrane Stufen und zwar a Conglomerat; b Leithakalk; c Tegel. II Sarmatische Stufe. III Congerienstufe.

A. Miocän.

1. Ältere Mediterranstufe (Horner Schichten). Rein marin. Sande, Thone, Mergel von Horn, Loibersdorf, Eggenburg mit *Ostr. lamellosa*, *Pecten solarium*, *P. palmatus*, *Venus umbonaria*, *Pyrula condita*, *Murex aquitanicus*, *Cerithium margaritaceum* (Fig. 580). Bei Eggenburg an den Uferklippen Balanen und Bryozoënkalke.

*) E. Stüß. Der Boden von Wien. Wien 1860. — Th. Fuchs. Erläut. z. geol. Karte d. Umgeb. Wiens. Wien 1873. — Th. Fuchs. Geol. Übersicht der jüng. Tert.-Bildung des Wiener Beckens. Z. d. D. geol. Ges. 1877. S. 633. — M. Hörnes u. P. Partsch. Die foss. Mollusken des Tert.-Beckens v. Wien. Wien 1851—1870. — F. Karrer. Geologie d. k. k. Franz-Josephs-Hochquellen-Wasserleitung. Abh. d. k. k. Reichsanst. 1877 (mit vollständ. Litteraturverzeichnis über das Wiener Becken).



Fig. 574. *Amphistegina Haueri* d'Orb.



Fig. 575. *Venus multi-lamellata* Lam.



Fig. 576. *Pectunculus pilosus* Lin



Fig. 577. *Panopaea Menardi* Desh.



Fig. 578. *Tellina crassa* Penn.



Fig. 579. *Ancillaria glandiformis* Lam.



Fig. 580. *Cerithium margaritaceum* Sow.

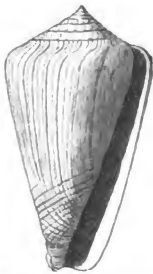


Fig. 581. *Conus ponderosus* Brocc.



Fig. 582. *Pleurotoma cata-phracta* Brocc.



Fig. 583. *Fusus longirostris* Brocc.

Aus der Wiener Mediterran-Stufe.

2. Jüngere Mediterranstufe. Badener Tegel, Schlier von Ottwang, Leithakalk; ebenfalls noch rein marin. Als Schlier hat man die dortigen sandig-thonigen Mergel, als Tegel mächtige graue, plastische Thone bezeichnet, welche feine Glimmerschüppchen, etwas Quarzsand und ein wenig kohlensauen Kalk enthalten, — unter Leithakalk versteht man einen lichten, zum Teil porösen, fast lediglich aus Korallen-, Foraminiferen-, Kalkalgen- und Conchylienschutt bestehenden Kalkstein. Diese petrographisch so verschiedenen Gesteine gehören verschiedenen Ablagerungszonen ein und desselben Seebeckens an, sind also nur verschiedene Facies der Sedimente einer einzigen Periode und lagern nicht über, sondern neben einander. Conglomerate, Geröllanhäufungen und Sande sind am Strande, die Kalke im seichten Wasser und der Tegel und Schlier in der tieferen See gebildet.

Unter den außerordentlich zahlreichen organischen Resten der eben beschriebenen Schichtengruppe spielen Foraminiferen, Zweischaler und Gastropoden die Hauptrolle. Erstere und zwar namentlich Vertreter der Gattungen *Amphistegina*, *Triloculina*, *Textularia* und *Globigerina* nebst Kalkalgen (*Lithothamnien*) bilden die Hauptmasse der mächtigen Kalksteinablagerungen, der Leithakalke. Eine der gewöhnlichsten Formen ist *Amphistegina Haueri* d'Orb. (Fig. 574).

Die Mollusken, von denen über 1000 Arten beschrieben wurden, sind hauptsächlich durch folgende Genera vertreten: *Conus* (Fig. 581), *Oliva*, *Cypraea*, *Ancillaria* (Fig. 579), *Voluta*, *Mitra*, *Cassis*, *Strombus*, *Triton*, *Ranella*, *Murex*, *Pyrula*, *Fusus* (Fig. 583), *Nassa*, *Terebra*, *Cancellaria*, *Pleurotoma* (Fig. 582), *Cerithium*, *Turritella*, *Trochus*, *Turbo*, *Rissoa*, *Ostrea*, *Pecten*, *Spondylus*, *Pinna*, *Avicula*, *Arca*, *Pectunculus* (Fig. 576), *Nucula*, *Cardita*, *Lucina*, *Cardium*, *Cytherea*, *Venus* (Fig. 575), *Tellina* (Fig. 578), *Mactra*, *Lutraria*, *Pholadomya*, *Panopaea* (Fig. 577), *Solen*, *Pholas*, *Teredo*. Viele dieser Tierarten leben noch heute im Mittelländischen Meere, sowie an der Westküste Afrikas, so dass der Charakter der Fauna dieser Stufe des Wiener Tertiärs im allgemeinen als ein mediterraner bezeichnet werden kann, der durch tropische Formen bereichert wird.

Schichten der Mediterranstufe verbreiten sich vom Wiener Becken aus über Steiermark, Mähren, Ungarn, Siebenbürgen und Galizien bis zum Asow'schen Meere.

3. Sarmatische Stufe. Halbbrackisch. Zu unterst Tegel (Hernalser Tegel), dann kalkige Sandsteine und darüber neuere Tegelbildungen. Erstere sind z. T. angefüllt von Cerithien, und zwar namentlich *Cerithium pictum* Bast., und werden als Cerithienschichten bezeichnet; der obere sarmatische Tegel führt massenhaft *Tapes* und *Cardium*, ferner Skeletteile von Seehunden, Delphinen und Seekühen. Derartige Ablagerungen erstrecken sich die Donauniederung entlang bis jenseits des Schwarzen

Meeres zum Aralsee. Ihre ärmliche Fauna hat eine große Ähnlichkeit mit derjenigen des Schwarzen Meeres.

B. Pliocän. Pontische Stufe.

1. Congerienschichten. Brackwasserschichten. Infolge fortgesetzter Aussüßung nahm das Wiener Becken den Charakter eines Brackwasser- und dann eines Süßwassersees an. In diesem wurde zu unterst der Tegel abgelagert, welcher z. B. den Untergrund der Stadt Wien bildet (Inzersdorfer Tegel) und sich durch seinen Reichtum an Cardien, an *Congeria subglobosa* Partsch (Fig. 585) und *Melanopsis Martiniana* Fér.

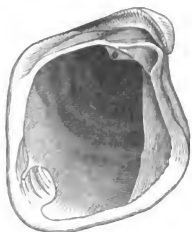


Fig. 585. *Congeria subglobosa* Partsch.



Fig. 586. *Melanopsis Martiniana* Fér.

(Fig. 586) auszeichnet, aber auch Überreste von *Dinotherium*, *Rhinoceros*, *Mastodon*, Antilopen, Süßwasserschildkröten und Landpflanzen führt. In dieser oberen Gruppe des Wiener Tertiärgebirges treten auch Braunkohlen mit Pflanzenresten auf, welche der später zu beschreibenden Öninger pliocänen Flora entsprechen.

Auch im östlicheren Teile des großen sarmatischen Binnenbeckens der Miocänzeit, in der ungarischen Ebene, in Siebenbürgen, dem Banat und in der Umgebung des Schwarzen Meeres sind jetzt Einzelseen entstanden, welche durch Flüsse ausgesüßt werden und in denen sich Congerienschichten niederschlugen, aber bis gegen das Ende der Pliocänzeit zu immer kleiner werdenden Wasserflächen zusammen schrumpften, in welchen die jüngst-pliocänen Paludinenschichten zur Ablagerung gelangten.

2. Flussschotter und -sande, Belvedereschotter. In ihm finden sich Knochen von *Anthracotherium*, *Dinotherium*, *Hipparion*, *Mastodon*, *Rhinoceros*. Mit dieser fluviatilen Bildung schließt die tertiäre Schichtenreihe des Wiener Beckens ab und wird von Löß überlagert.

Dem Miocän gehören die zahlreichen Steinsalzlager Ungarns, Siebenbürgens und Galiziens, und unter diesen namentlich diejenigen von

Wieliczka an*). Das Steinsalz kommt daselbst theils in mächtigen, bis 15000 Kubikfuß großen stockförmigen Massen, theils in Bänken zwischen Salzthon, Anhydrit und Gyps vor. Unter Löß und diluvialem Sande liegt zu oberst grauer Thon (Tegel), unter ihm Salzthon, in dessen liegender Zone stockförmige Massen von meist grünem, grobkrySTALLINISCHEM Steinsalz (Grünsalz) nebst Streifen und Nestern von Gyps eingebettet sind. Durch Thonlagen und geschichteten Anhydrit wird das Grünsalz von dem darunter liegenden Spisasalz getrennt, welches aus mehreren, zusammen gegen 20 m mächtigen Flötzen von oft stengeligem, zum Teil Kohlenwasserstoff haltendem Steinsalz (Knistersalz) besteht. Unter ihm treten zuerst Salzthon und Anhydrit, dann die zusammen ebenfalls über 30 m mächtigen Lager des SchybiKER Salzes, eines reinen, weißen, klein- bis grobkörnigen Steinsalzes, auf. Darunter folgen Thon, Sande und Sandsteine. Im Steinsalze und in den dasselbe begleitenden Thonen kommen zahlreiche marine Reste vor, von denen über 70 Procent mit denen des Wiener Beckens und namentlich des mittleren Tegels identisch sind. Die complicirten Lagerungsverhältnisse der Steinsalzformation von Wieliczka werden von Paul und Tietze auf zwei schräge, nach N überliegende und spitz ausgezogene Sättel zurückgeführt. — Bei Kalusz in Ostgalizien treten im Hangenden des Salzgebirges linsenförmige Einlagerungen von Kainit und Sylvin auf**).

Das Jungtertiär Norddeutschlands.

In Norddeutschland ist, wie bereits oben erwähnt, marines Pliocän nicht zur Ablagerung gelangt, nur die Schieferkohlen und Mastodon arvernensis führenden Schotter bei Rippersroda in Thüringen und bei Fulda, ferner wahrscheinlich manche andere Kies- und Thonablagerungen Thüringens und Sachsens repräsentieren fluviatile Gebilde der Pliocänzeit***).

Dahingegen bildet das marine Miocän†) ein weites Becken, welches, wenn auch der allgemeinen Diluvialbedeckung wegen nur an isolierten

*) Niedzwiedzki. Beitr. z. Kenntn. d. Salzformat. von Wieliczka u. Bochnia. I. Lemberg 1883; II. 1884; III. 1884; IV. 1889; V. 1894. — E. Tietze. Geogn. Verhält. d. Geg. v. Krakau. Wien 1888. S. 190. — Ders. Verh. d. k. k. geol. Ra. Wien 1890. Nr. 8. S. 1.

**) J. Niedzwiedzki. Das Salzgebirge von Kalusz. Lemberg 1894.

***) A. v. Fritsch. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1884. S. 389.

†) A. v. Koenen. Sitzber. d. Gesellsch. zur Bef. d. ges. Naturw. zu Marburg. Nr. 8. 1874, und Schriften d. Ges. Bd. X. Abt. 3. Kassel 1872; — ferner N. Jahrb. Beil. II. 1883. S. 223, sowie 1886. I. S. 81. — C. Gottsche. Über d. Miocän von Reinbeck. Verh. d. Ver. f. naturh. Unterhalt. in Hamburg (1876). Bd. III. März bis April 1878. — Ders. Die Molluskenfauna des Holsteiner Gesteines. Festschr. des naturw. Ver. zu Hamburg. 1887. — E. Geinitz. Flötzformationen Mecklenburgs. 1883. S. 96. — XIII. Beitr. z. Geol. Mecklenburgs. 1892. S. 59.

Punkten aufgeschlossen, Schleswig und Holstein, Lauenburg, das südwestliche Mecklenburg und das nördliche Hannover bis in die Gegend von Celle umfasst und sich in südwestlicher Richtung durch Oldenburg und Westfalen bis nach Hasselt und Antwerpen ausdehnt, so dass ihm auch die belgischen Miocänablagerungen, das Systèrne diestien und boldérien angehören. Die beiden früher im norddeutschen Miocän unterschiedenen Horizonte, der Holsteiner Sandstein und der Glimmerthon, sind, nach v. Koenen, gleichalterige Bildungen von verschiedenartiger Ausbildungsweise, so dass ihre Verschiedenheiten nur Faciesunterschiede sind. Darauf weist u. a., und abgesehen von petrographischen Übergängen, namentlich die Verteilung der siphonostomen Gastropoden in diesen Schichten hin. Es beschreibt deren v. Koenen 85 Arten aus dem Glimmerthon, von welchen jedoch 71 Procent auch aus der holsteiner und antwerpener Gruppe bekannt sind. Um einige der wichtigsten Mollusken des norddeutschen Miocäns zu nennen, mögen hier angeführt werden: *Arca diluvii* Lam., *Leda pygmaea* Münster, *Astarte anus* Phil., *Pectunculus pilosus* Lin., *Isocardia cor* Lin., *Murex octonarius* Beyr., *Murex aquitanicus* Grat., *Tiphys horridus* Brocc., *Conus antediluvianus* Brug., *Cancellaria evulsa* Sol., *Cancellaria aperta* Beyr., *Fusus trinctus* Beyr., *Nassa tenuistriata* Beyr., *Pleurotoma turricula* Brocc., *Voluta Bolli* Koch. Ergiebige Fundstellen dieser miocänen Molluskenfauna sind: Sylt, Glückstadt, Reinbeck und Lüneburg, Bokup und Dömitz in Mecklenburg, Dingden in Westfalen und Rothenburg bei Düsseldorf.

Braunkohlencomplexe miocänen Alters sind in der Mark Brandenburg und in Pommern, in Mecklenburg, in der Lausitz, im Königreich Sachsen, in der Casseler Gegend, im Meißner und Habichtswald zur Ausbildung gelangt (vergl. die Zusammenstellung und Litteraturangaben auf S. 687 u. 688, ferner die Tabelle auf S. 693) und geben hier zu ausgedehntem Bergbau Veranlassung. Dieselben folgen meist direct auf das marine Oberoligocän und werden in Mecklenburg von dem marinen miocänen Bokuper Sandstein*), dahingegen im Meißner und Habichtswalde von Basalt überlagert, auf welchen vielerorts noch eine zweite jungmiocäne Braunkohlenbildung folgt, welche von Basalttuffen und Polierschiefer begleitet und wiederum von Basaltergüssen bedeckt wird (v. Koenen).

Die sich von Pommern und Mecklenburg aus durch die Mark bis zur Lausitz und in die Leipziger Gegend ausdehnende miocäne Braunkohlenstufe (o. B. Fig. 561 u. 564) setzt sich ganz ähnlich wie der untere Complex der norddeutschen Braunkohlenformation aus lichten Sanden und Kiesen mit Knollensteinen, hellen Thonen (Flaschenthonen), ferner aus Flötzen von Braunkohle und vorzüglich von Alaunthon zusammen, und führt z. B. *Taxodium distichum miocenum* Heer, *Liquidambar europaeum* Br., *Populus latior* Br. und Reste anderer Bäume und Sträucher mit jährlich fallendem Laub.

*) E. Geinitz. l. c. — O. Oehmcke. Der Bokuper Sandstein. Güstrow 1886.

Die neogenen Tertiärformationen der Schweiz und des südlichen Bayerns.

Auf S. 670 sind die eocänen, auf S. 677 die oligocänen Tertiärgebilde der südlichen Teile Deutschlands, sowie der Schweiz geschildert. An letztere, nämlich die untere Süßwassermolasse (untere Braunkohlenbildung, aquitanische Stufe), schließen sich die Schichten des Miocäns und zwar:

1. Die graue Molasse (Mainzer Stufe), eine Sandsteinbildung, welche sehr häufig Pflanzenreste von ausgesprochenem nordamerikanischen Charakter (*Cinnamomum*, *Ulmus*, *Liriodendron*, *Rhamnus*, *Juglans*, *Acer*) umschließt und dann als Blättersandstein oder Blättermolasse bezeichnet worden ist. Mit dieser Süßwasserbildung ist jedoch eine marine Ablagerung verknüpft, welche *Venus clathrata*, *Cerithium lignitarum*, *Murex plicatus* führt.

2. Die obere Meeresmolasse (Helvetische Stufe), ein verschiedener Meeressandstein, zum Teil voll Conchylien und oft conglomeratähnlich mit kalkigem Bindemittel (Muschelsandstein). Von der außerordentlich artenreichen Molluskenfauna dieser Schichten leben 35 Procent noch jetzt und zwar zum Teil im Mittelmeere, zum Teil unter tropischen Breiten. Viele Formen, z. B. *Pectunculus pilosus*, *Panopaea Menardi*, *Conus ventricosus*, *Chenopus pespelicani*, *Turritella turris*, stimmen mit miocänen Fossilien des Wiener Beckens überein. Fischzähne, so solche von *Lamna*, *Oxyrhina*, *Carcharodon*, sind außerordentlich häufig.

3. Die obere Süßwassermolasse, aus Sandsteinen, Mergeln und Kalksteinen bestehend, einige Braunkohlenflötze umschließend und *Limnaea*, *Planorben*, *Unionen*, sowie *Helix*-Arten führend. In dieses Niveau gehören die Öninger Schichten, meist dünnplattige Kalksteine, welche sich durch ihren Reichtum an außerordentlich gut erhaltenen Pflanzen- und Tierresten auszeichnen. Die Flora besteht der Mehrzahl nach aus amerikanischen und in zweiter Reihe aus europäischen Typen, während asiatische, afrikanische und australische Formen sehr in den Hintergrund treten. Die Öninger Fauna ist durch eine außerordentlich große Anzahl von Insecten, vorzüglich Käfern, von subtropischen und zwar namentlich südeuropäischen Typen repräsentiert*). Unter den Wirbeltierresten haben neben denen sehr zahlreicher *Leuciscus*-Arten die eines Riesensalamanders, *Andrias Scheuchzeri*, besondere Aufmerksamkeit auf sich gezogen, welche Scheuchzer für versteinerte Skeletteile von Menschen (*homo diluvii testis*) hielt.

Überraschend ist die Mächtigkeit der tertiären Sedimente in der directen Nachbarschaft der Alpen im Vergleiche mit derjenigen damit zusammenhängender Schichtencomplexe an weiter entfernten Aufschlusspunkten. Es

*, Osw. Heer. Die Insectenfauna der Tertiärgebilde von Öningen und Radoboj. Leipzig 1847. 49. 53.

beruht dies darauf, dass die stromreiche zerrissene Küste der alpinen Insel Strandbildungen außerordentlich begünstigte und die steilen Abhänge des Inselgebirges der tertiären Meeresküste gewaltige Mengen von Gesteinsmaterial zur weiteren Zerkleinerung zuführten.

Während mit diesen obermiocänen Ablagerungen die Tertiärbildungen der Schweiz und der nächst angrenzenden Landstriche abschließen, machen in der Hochebene der Donau pliocäne Sande mit Knochen von *Dinotherium*, *Mastodon*, *Rhinoceros* und anderen Säugetieren den Schluss der Tertiärformation.

Der Crag Englands.

Das jüngste Tertiär Englands besteht vorwiegend aus Sanden und Mergeln, welche reich an Schalen von Mollusken sind und als Crag bezeichnet werden. Man unterscheidet von unten nach oben steigend:

1. White or Coralline Crag, 40 m mächtig, bestehend aus kalkigen Mergeln voll Molluskenschalen und Bryozoönstöcken. Von ersteren sind 316 Species beschrieben, von denen 34 Procent noch leben. Der Habitus dieser Fauna ist ein mediterraner.

2. Red Crag, etwa 8 m mächtige, eisenschüssige Quarzsande mit 256 Molluskenspecies, von welchen 92 Procent noch leben. Nordsee-Charakter.

3. Norwich or Fluvio-marine or Mammaliferous Crag, etwa 7 m mächtige Sande, Lehme und Kiese mit einer gemischten Meeres-, Land- und Süßwassermolluskenfauna, sowie mit Knochen von Fischen und Säugetieren (*Mastodon*, *Elephas*, *Hippopotamus*), also augenscheinlich abgelagert in der See nahe der Mündung eines Stromes. Die Landschnecken gehören alle Arten an, die heute noch leben; von den 139 Species mariner Mollusken sind etwa 7 Procent ausgestorben, der Rest enthält ziemlich viele heute in den arktischen Meeren lebende Formen, z. B. *Rhynchonella psittacea*, *Scalaria groenlandica*, *Astarte borealis*, *Panopaea norwegica*, *Cyprina islandica* u. a.

4. Chillesford beds, etwa 7 m mächtige Sande und Thone mit einer Molluskenfauna, von welcher zwei Drittel jetzt Bewohner höherer Breiten, also kälterer Meere sind. Unmittelbar darauf folgen die jungpliocänen, noch präglacialen Forest-beds von Cromer, zu unterst schwache Lagen von Torf und Moor, diese mit recenten Pflanzen und mit Knochen von *Canis*, *Ursus*, *Equus*, *Rhinoceros*, *Hippopotamus*, *Elephas*, *Cervus* u. a., darüber Sande und Thone mit *Leda myalis* und endlich das echte Glacialdiluvium.

Verfolgt man die Veränderung der Faunen der einzelnen Schichten-complexe des englischen Crag, so tritt eine doppelte Erscheinung hervor, einerseits die stetige Zunahme der Zahl der noch heute fortlebenden Molluskenarten, andererseits aus der Zunahme arktischer Formen ein allmähliches Heruntersinken des im Beginne der Cragablagerung südlichen Klimas

zu dem der Eiszeit. Höchst interessant ist der Nachweis, dass viele Mollusken, die während der Cragperiode die englischen Meere bewohnten, beim Herannahen der Eiszeit sich südwärts zurückzogen und deshalb fossil in dem Pliocän von Sicilien, Süditalien und Griechenland gefunden werden, während sie am Ende der Eiszeit wieder nach Norden wanderten und heute wiederum die britischen Meere bewohnen.

Das Pliocän Italiens.

In Italien lehnen sich mittelplicäne Schichten, welche unter der Bezeichnung Subapennininformation zusammengefasst worden sind und local auf der Congerien-Stufe auflagern, an beide Seiten der Apenninen an. Sie führen zwar meist mediterraneische, jedoch auch zahlreiche tropische Molluskenformen, welche den Geschlechtern *Conus*, *Cypraea*, *Strombus*, *Pyrula*, *Mitra*, *Fasciolaria*, *Sigaretus*, *Delphinula*, *Ancillaria*, *Oliva*, *Terebellum*, *Terebra*, *Perna*, *Plicatula* und *Corbis* angehören. Die gleichzeitige Flora hat aus jetzt auf Madeira und am Golf von Mexiko heimischen Pflanzen bestanden. Zu den jüngsten überhaupt bekannten marinen Tertiärschichten gehören die oberplicänen Ablagerungen Siciliens. Sie sind reich an Korallen und Conchylien, welche ihrer bei weitem überwiegenden Mehrzahl nach noch heute das Mittelländische Meer bewohnen. So leben z. B. von den 500 Arten des Pliocäns der Umgegend von Palermo nur 97 heute nicht mehr im benachbarten Meere und von diesen sind 66 ausgestorben, während 31 im atlantischen Ocean vorkommen und z. T. sogar nordischen Charakter haben. Auf den Gebirgen Siciliens breiten sich Bänke von *Ostrea edulis*, sowie solche der gewöhnlichen Mittelmeerkoralle, *Caryophyllia caespitosa*, aus, während andere Kalksteine von *Pecten Jacobaeus* ganz angefüllt sind. Diese pliocänen Schichten erreichen auf Sicilien über 600 m Mächtigkeit, sind trotz ihres geringen Alters 700 bis 1000 m hoch gehoben worden, bilden ganze Gebirgszüge, wechsellagern mit Tuffbildungen, werden von Lavagängen durchsetzt, kurz bieten Erscheinungen dar, deren Studium ganz ähnliche Verhältnisse paläozoischer Formationen ins klarste Licht setzt. Trotz der fast vollkommenen Identität des organischen Gesamtcharakters dieser Schichten und des jetzigen mittelländischen Meeres hat sich doch seit ihrer Ablagerung der ganze 10200 Fuß hohe Ätna auf ihnen langsam aufgebaut, ein Vorgang, der sicherlich viele Tausend Jahre in Anspruch genommen hat.

Als Fundstätte der Reste einer reichen Säugetier-Fauna ist das Thal des Arno berühmt. Hier tritt eine etwa 160 m mächtige, Sansino genannte, oberplicäne Schichtenreihe von vorwaltenden Sanden nebst Conglomeraten auf mit *Elephas meridionalis*, *Rhinoceros leptorhinus*, *Hippopotamus major*, *Equus Stenonis*, *Machairodus*, *Mastodon* u. s. w.

Pliocäner Knochenlehm von Pikermi in Griechenland. Die Ebene von Pikermi (letzteres zwischen Athen und Marathon gelegen) besteht aus abwechselnden Lagen von rotem Lehm und festen Conglomeraten, den Absätzen eines altpliocänen Flusses. Eine dieser Lehmbänke ist dicht angefüllt von aus dem Zusammenhange gerissenen, z. T. durch Raubtiere bearbeiteten Skeletstücken von Säugetieren und unter diesen namentlich von *Machairodus cultridens*, *Dinotherium giganteum*, *Rhinoceros Schleiermacheri*, *Hipparion gracile*, *Sus major* und einer Giraffe (*Helladotherium Dufrenoyi*), sowie von Antilopen und Affen (*Mesopithecus*), — also meist Vertretern der Eppelsheimer und Belvedere-Fauna (= pontische Stufe).

Das Jungtertiär Nordamerikas. In Oregon, Nevada, Montana und angrenzenden Gebieten folgen auf die oligocäne White River-Gruppe (S. 673) die miocänen John Day- und die Deep-River-Gruppen, neben Oreodontiden mit *Rhinoceros*, *Anchitherium*, *Aceratherium*, sowie letztere mit *Mastodon* und Kamelen. Das Pliocän ist dort durch die Loup-Fork-Beds mit *Mastodon*, *Equus*, *Hipparion*, *Plihippus*, *Canis* u. a. vertreten, während sich der Übergang der Tertiär- in die Diluvialperiode in den *Equus*- und den *Megalonix*-Beds vollzieht, in denen sich von Südamerika eingewanderte Edentaten (*Megalonix*, *Myiodon*, *Glyptodon*) mit echt nordamerikanischen Typen mischen.

Die Siwalikformation Ostindiens. Die Tertiärgebilde der Siwalik-Hills, einer dem Südfuße des Himalaya vorgelagerten Hügelkette, bestehen aus Sandsteinen, Conglomeraten und Thonen, welche eine Mächtigkeit von 2000 m erreichen, von den Bergströmen des Himalaya aufgeschüttet worden sind und außer Süßwasserconchylien (*Unio*, *Paludina*, *Melania*) die Reste einer Anzahl überaus formenreicher miocäner und pliocäner Säugetierfaunen enthalten. Die Vertreter derselben sind z. T. europäischen Formen nahe verwandt, von welchen *Dinotherium*, *Mastodon*, *Elephas*, *Stegodon*, *Rhinoceros*, *Hipparion*, *Hippopotamus*, *Antilopen*, *Hirsche*, zahlreiche Raubtiere (darunter *Amphicyon*) und Affen (*Semnopithecus*) dort ebenfalls vorkommen. Unter den der Siwalikformation eigentümlichen Typen fallen namentlich einige gewaltige Wiederkäuer, das *Sivatherium* und *Brahmatherium*, ferner eine riesige Landschildkröte von über 4 m Länge (*Colossochelys*) auf.

Im Centrum der Insel **Java** entdeckte E. Dubois in einem Complexe vulkanischer Tuffe und in Vergesellschaftung mit Skeletteilen von *Stegodon* und *Hexaprotodon* (*Hippopotamus*) u. a. Resten einer indischen pliocänen Fauna das Schädeldach, 2 Backenzähne und den linken Oberschenkel eines Primaten, den Dubois *Pithecanthropus erectus* nannte und in welchem hervorragende Paläontologen wie Dames, Nehring und Marsh ein Bindeglied zwischen anthropoiden Affen und dem Menschen erblicken *).

* E. Dubois. *Anthrop. erectus*, etc. Batavia 1894. — Ders. *Verhandl. d. anthrop. Ges.* Berlin. 1895. S. 723.

Die Lagerungsverhältnisse der Tertiärformation sind in dem bei weitem größten Teile ihres Verbreitungsgebietes die ursprünglichen, also flach tellerförmigen geblieben, höchstens sind infolge des Austrocknens, der Zusammenpressung und somit Volumenverringerung ursprünglich wasserreicher, lockerer Schichtensysteme und infolge daraus hervorgehender Senkungen und Spaltenbildungen Knickungen und Biegungen der darüber liegenden Complexe eingetreten. Andernorts ist selbst noch das jüngere Tertiär von nicht unbeträchtlichen Verwerfungen und grabenförmigen Versenkungen sowie von Faltungen betroffen worden (s. S. 337). Zahlreiche Beispiele für letztgenannte Erscheinung liefert die miocäne Braunkohlenformation der Lausitz und der nördlich angrenzenden Landstriche, wo die Braunkohlenflütze local zu so stark überliegenden Falten zusammengeschoben sind, dass derselbe Schacht das nämliche Flötz zwei-, ja dreimal unter einander durchteuft hat. Viel verwickelterer Natur jedoch sind die Lagerungsverhältnisse der Tertiärschichten, welche in denjenigen Bereichen zum Absatze gelangten, aus denen im Verlaufe der Tertiärzeit Hochgebirge hervorgingen. Eines der großartigsten Beispiele der Wirkung gebirgsbildender Faltungen während verhältnismäßig sehr junger Zeiträume liefert die Beteiligung des Tertiärs am Aufbau der Alpenkette. An diesem haben namentlich die Nummulitenkalke und der Flysch, aber auch die Molasse teilgenommen und sind nicht nur aufgerichtet und gefaltet, sondern zum Teil auch überkippt, zu liegenden Falten überstürzt und bis zu mehr als 3000 m über den Meeresspiegel emporgestaut worden. Die Gipfel des Dent du Midi, des Niederhorns, der Ralligstöcke, der Diablerets, des Grütens, des Rigi, des Speer u. a. bestehen aus solchem dislozierten Tertiär. (Vergl. Fig. 48, S. 173; Fig. 412, S. 326; Fig. 553, S. 672).

Auch in den Pyrenäen sind eocäne Schichten im Verein mit der Kreide von außerordentlichen Faltungen und Dislocationen betroffen worden und steigen zu so bedeutenden Höhen empor, dass selbst ein Teil des höchsten Gebirgskammes, der Troumouse, der Marboré (3320 m), sowie der Mt. Perdu (3352 m) aus ihnen besteht. Da die Miocänablagerungen am Nordabhange der Pyrenäen horizontal auf den steil aufgerichteten Eocänschichten liegen, so muss die letzte und zwar bedeutendste Hebung des Pyrenäengebirges in die Zeit zwischen Eocän und Miocän fallen.

Anders im Himalaya, wo sogar pliocäne Süßwasserschichten der Siwalikformation (S. 705) in steil aufgerichteter Stellung bis zu 4000, ja 5000 m emporsteigen, um hier von vollkommen horizontalen limnischen Diluvialgebilden (mit Rhinoceros und Hyaena) überlagert zu werden, so dass die Gebirgsfaltung des Himalaya bis zum Ende der Pliocänperiode fortgedauert haben muss.

Vulkanische Eruptionen während der Tertiärperiode. Im Verlauf der triadischen, jurassischen und cretacäischen Zeitalter fanden Durch-

brüche glutflüssiger Gesteinsmassen nur ausnahmsweise statt und waren dann auf verhältnismäßig kleine Territorien beschränkt. Anders in der Tertiärperiode. In ihrem Verlaufe ist die Erde fast überall der Schauplatz großartiger vulkanischer Eruptionen gewesen, deren Producte durch ihre petrographischen Analogien, ihre Lagerungsform und ihren Verband mit den sedimentären Schichtenreihen, sowie durch ihre allgemeine Verbreitung an die ganz ähnlichen Erscheinungen während der paläozoischen Zeitalter erinnern (vergl. S. 56 u. 288). Die Ergussgesteine dieser Perioden waren zuerst Diabase und darauf Quarzporphyre, Porphyrite und Melaphyre, — die des Tertiärs sind die Liparite, Trachyte, Phonolithe, Andesite und Basalte. Mit ihnen beginnt die große Reihe jener Eruptionen, welche sich durch die ganze tertiäre Periode hindurch bis auf den heutigen Tag bethätigt haben; die Laven und Auswürflinge unserer Vulkane schließen sich auf das innigste an die Eruptionsproducte des Tertiärs an.

Die petrographischen Verhältnisse dieser jungvulkanischen Gesteine sind in einem früheren Abschnitte, in der petrographischen Geologie, ihre Lagerungsformen in den Kapiteln über tectonische Geologie (S. 337—342), ihre Eruptionerscheinungen in dem Abschnitte über dynamische Geologie (S. 151 und 287), ihre Beeinflussung des benachbarten Nebengesteines in dem Paragraphen über Contactmetamorphismus (S. 292) abgehandelt worden, es bleibt somit nur übrig, die Verbreitung dieser Gesteinsgruppen in ganz kurzen Umrissen anzudeuten.

Als uns zunächst liegend zieht die centraleuropäische Zone von tertiären Eruptivgesteinen unser Hauptinteresse auf sich. Dieselbe begreift folgende vulkanische Einzelgebiete, welche in ihrer Gesamtheit eine ausgedehnte, im großen und ganzen von Westen nach Osten gerichtete, einstmalige Vulkanzone repräsentieren:

1. Die vulkanische Eifel mit ihren Basalt-, Trachyt-, Andesit- und Phonolithkuppen, sowie mit Tuff- und Schlackenanhäufungen und ringförmigen oder seitlich geöffneten Stratovulkanen, diese z. T. mit Lavaströmen (Mosenberg, Gerolstein, Bertrich), deren gesamtes Material die Schichten des Devons und des stellenweise horizontal darüber gelagerten Buntsandsteines durchbrochen hat, endlich mit einer Anzahl z. T. noch ringsgeschlossener, mit Wasser erfüllter Maare (so dem Pulvermaar, dem Gemünder und Weinfelder Maar).

2. Das Vulkangebiet des Laacher Sees besitzt einen ungefähren Durchmesser von $2\frac{1}{2}$ Meilen und wird durch die große Zahl wohlerhaltener Stratovulkane und Schlackenberge charakterisiert. Diese umgeben den Laacher See von allen Seiten und sind auf die bereits lange Zeit vor ihrer Eruption steil aufgerichteten Schichten des Devons aufgesetzt. Sie bestehen, wie dies z. B. der Bausenberg, Hochsimmer und die Kunksköpfe in höchst instructiver Weise erkennen lassen, aus abwechselnden rohen Lagen von

größeren oder feineren Auswürflingen, von der gewaltigsten Bombe herab bis zum feinsten Schutt, sowie aus vulkanischen Schlacken und Laven, besitzen zum Teil scharfrandige, seitlich geöffnete, steile Kraterkessel, aus deren manchen Lavamassen geflossen sind und sich entweder stromartig bewegt oder deckenartig ausgebreitet haben (siehe Fig. 587). Andere der

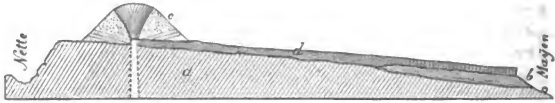


Fig. 587. Profil des Hochsimmer-Vulkans und seines Lavastromes. Nach v. Oeynhousen.
a Devonische Thonschiefer; b Braunkohle; c Hochsimmer-Vulkan; d Lavastrom.

dortigen Vulkane sind kraterlose kegel- oder rückenförmige Schlackenberge (so der Herchenberg und Langenberg), welche jedoch ebenfalls (wie der Kamillenberg) mit Lavaströmen in Verbindung stehen können, und endlich noch andere sind homogene Kuppen von Leucitphonolith (Olbrück, Schilkopf). Als Maare betrachtet man den Laacher See und das Kesselthal von Wehr, deren ersteres geschlossen und daher mit Wasser gefüllt ist, während letzteres einen natürlichen Abfluss und deshalb nur einen sumpfigen Boden besitzt. Eine große Ausdehnung und Mächtigkeit erreichen die Tuffbildungen in der Laacher Gegend. Es sind dies Schlacken-, Trachyt-, Bimsstein- und Leucittuffe. Erstere bestehen aus meist losen, basaltischen Lapillen mit zahlreichen Augitkrystallen, Glimmertafeln, seltener mit Olivin oder Hornblende, umschließen verglaste Bruchstücke von devonischen Schiefen und Sandsteinen, sowie Granit und Gneiß und wechseln mit Lagen erdigen, dunklen Tuffes. Späterer Entstehung als diese Basalttuffe sind die helleren Trachyttuffe mit Sanidinbomben, sowie die Leucittuffe und die Bimssteintuffe.

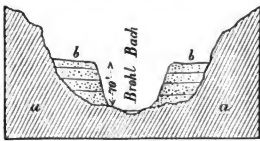


Fig. 588. Profil durch das Brohlthal.
(H. Cvd.)
a Devonische Thonschiefer; b Trass- (Duckstein-) Terrassen.

Letztere (Trass genannt) bilden vorzüglich innerhalb des Nettethales, des Brohlthales und seiner Nebenthäler Ablagerungen von bedeutender Mächtigkeit. Da jedoch das Bachbett in sie eingeschnitten ist, treten sie nur in Form hoher Terrassen an den beiderseitigen Abhängen auf (siehe Fig. 588). Exhalationen von Kohlensäure sind im Laacher Vulkangebiete häufige Erscheinungen.

An freier Kohlensäure reiche Mineralwasser z. T. Thermen, z. T. mit sprudelartigem Ausbruch sind z. B. bei Burgbrohl, Obermendig und Hönningen a. Rh. erbohrt worden.

Über die Zeiten, in welche die vulkanischen Ereignisse der Laacher

Gegend fallen, können keine Zweifel obwalten, da die das dortige Devon local überlagernde miocäne Braunkohle von den vulkanischen Producten durchsetzt und bedeckt wird, da ferner die unteren Schlackentuffe von Löß überlagert werden und endlich die Bimssteintuffe auf Löß aufliegen und mit ihm wechsellagern. Die Laacher Eruptionen fallen demnach in die Diluvialzeit, so dass bereits der Mensch Zeuge der Ausbrüche gewesen sein mag.

3. Das Siebengebirge, eine zusammenhängende Gruppe von Trachyt-, Andesit- und Basaltbergen miocänen Alters, welche von Trachyttuffen und -conglomeraten begleitet werden, während sich auf der gegenüberliegenden Seite des Rheines, hinter den Basaltfelsen von Rolandseck, ein jüngerer, ausgezeichnet ringförmiger, aber sehr flacher Krater, der Roderberg, auf dem von devonischen Schichten und Rheingeröllablagerungen gebildeten Untergrunde erhebt.

4. Die zahlreichen Trachyt-, Phonolith- und Andesit-, namentlich aber Basaltberge des Westerwaldes, welche mit Basalt- und Trachytconglomeraten sowie mit Bimssteinsanden vergesellschaftet sind.

5. Das Vogelsgebirge, ein über 40 Quadratmeilen großes vulkanisches Hochplateau, aus terrassenförmig über einander gelagerten Decken und Strömen von Basalten, Anamesiten und Doleriten aufgebaut, welchen Tuffe und local auch Tertiärthone zwischengelagert oder vergesellschaftet sind und die zumeist auf der Trias, zum Teil auf der Braunkohle auflagern. Am Westrande des Vogelsgebirges sind in der Nähe von Gießen einige kleine Schichtvulkane erhalten geblieben.

6. Weiter nördlich setzen Hunderte von basaltischen Kuppen über die Werra, den Habichtswald und Meißner bis zur oberen Weser fort. Besonders instructiv sind die Verhältnisse am Meißner. Basalte und deren grobkörnige Modification, Dolerite, bilden dort eine über 100 m mächtige, einheitliche Decke über einem bis 33 m mächtigen Braunkohlenflötze. Dieselbe hat im Contacte mit dem basaltischen Gesteine eine stengelige Absonderung und eine Umwandlung in Anthracit erlitten. Durch ihren Abbau sind die mit Basalt erfüllten Eruptionscanäle der vulkanischen Decke erschlossen worden (vergl. S. 153, Fig. 38 u. S. 293). Als die nördlichsten Vorposten des Basaltes in Deutschland sind die Kuppen zu erwähnen, welche derselbe am Söllinger Walde, nordwestlich von Göttingen bildet.

7. Die Rhön. Östlich vom Vogelsberge bilden auf triadischem Untergrunde isolierte Kuppen und Decken von Nephelinbasalt, Dolerit, Tephrit und Limburgit nebst Trachyt und Phonolith (Milseburg), ferner Trachyt- und Basalttuffen sowie einige kleine Stratovulkane (Dachberg) die von Süden gegen Norden gerichtete Kette der Rhön, deren geologische Fortsetzung sich in Gestalt einzelner Basaltkuppen und -gänge bis in die Nähe von Eisenach (Stoffelskuppe, Pflasterkaute) erstreckt und somit an den südlichen Fuß des

Thüringer Waldes anschließt. Diesen entlang ziehen sich isolierte Basaltkegel (Dolmar, Gleichberge) und Phonolithkuppen (Heldburg) hin, setzen über das Fichtelgebirge und Erzgebirge (Oberwiesenthaler Eruptivstock) und durch die sächsisch-böhmische Schweiz (Gr. Winterberg, Rosenberg) fort und stellen die Verknüpfung mit dem großen vulkanischen Gebiete des nördlichen Böhmens her.

8. Das nördliche Böhmen. In der Gegend von Eger mit dem Schlackenberge des Kammerbühl beginnend, nehmen Ergüsse von Basalten und Phonolithen namentlich in der Gegend östlich von Karlsbad einen ansehnlichen Flächenraum ein. Viel mannigfaltiger noch sind die vulkanischen Erscheinungen, die sich im böhmischen Mittelgebirge und zwar während des Oberoligocäns abgespielt haben. Es sind vor allen Feldspat-, Nephelin- und Leucitbasalte, Tephrite und Basanite, ferner Phonolithe, local auch Dolerite und Trachyte, begleitet von mannigfaltigen Tuffen, welche am Aufbau dieses Vulkangebirges teilnehmen, die obere Kreide- und untere Braunkohlenformation des böhmischen Beckens durchbrochen, stock- oder gangförmig durchsetzt, dadurch (z. B. am Rongstock, s. S. 299) zu interessanten Contacterscheinungen Veranlassung gegeben und sich zu imposanten glockenförmigen Domen (Milleschauer, Kletschenberg, Wostray, Bösige) aufgetürmt oder decken- und stromartig auf Tuffen und dem mitteloligocänen Sandstein ausgebreitet haben. Die letzten Äußerungen vulkanischer Thätigkeit machen sich als Thermen (Teplitz, Karlsbad), Mineralquellen und Sauerlinge (Bilin, Krondorf, Gieshübel, Franzensbad) geltend.

9. Durch die Lausitz (Lausche, Hochwald, Kottmar, Löbauer Berg, Landeskrona) setzen tertiäre Eruptivgesteine über das Riesengebirge (Basaltgänge in den Schneegruben) bis nach Schlesien hinein, wo sie die vereinzelt Basaltkuppen von Goldberg, Liegnitz, Schweidnitz und Oppeln bilden. Eine Verbindung zwischen der mitteldeutschen vulkanischen Zone und den vulkanischen Gebieten südlich von den Karpathen wird durch zahllose, das Neocom und Eocän der Nordkarpathen durchsetzende Teschenitdurchbrüche vermittelt.

Außerhalb der mitteldeutschen vulkanischen Zone liegen im südlichen Deutschland zerstreut: die Nephelindolerite und -basalte des Katzenbuckels im Odenwald, zahlreiche Basalte zwischen diesem und dem Vogelsberg (im Süden Nephelin-, nördlich Feldspatbasalte), die Sanidin-Oligoklas-Trachyte, Basalte und Phonolithe des Breisgaues, welche beide letztere verbunden mit Tuffen und Bombenagglomeraten im Kaiserstuhl als isoliertes Vulkangebirge mitten aus der Niederung zwischen Schwarzwald und Vogesen hervortreten, die Melilithbasalte und Phonolithe (Hohentwiel, Staufen und Hohenkrähen) im Tertiär des Hegaus, begleitet von Conglomeraten und Tuffen, letztere mit miocänen Pflanzenresten.

Der schwäbischen Alb gehört das Ries bei Nördlingen an, ein Einbruchskessel bedeckt von Bomben und Tuffen, — ferner das vulkanische Gebiet von Urach (s. S. 136), in dem sich mehr als 120 Maare oder deren vorwiegend von Tuffbreccien ausgefüllte Explosionscanäle concentrieren, welche letztere am Rande und im Vorlande der Alb bis zu 800 m Tiefe durch Denudation bloßgelegt sind. Der größte der einigermaßen erhaltenen Maarkessel, derjenige von Randeck, besitzt gegen 1000 m Durchmesser.

10. Als vulkanische Gebiete Ungarns und Siebenbürgens sind namentlich die Gebirgssstöcke und -züge von Schemnitz-Kremnitz, von Eperies-Tokay, der Matra und des siebenbürgischen Erzgebirges zu nennen. Sie zeichnen sich durch die große Mannigfaltigkeit ihrer trachytischen und andesitischen Gesteine aus, von denen Propylite, Trachyte, Andesite und Quarztrachyte auftreten. An die Abfälle und Flanken der von denselben gebildeten Berge lehnen sich Hügel von Lipariten an, welche wiederum von Perlit- und Obsidianströmen und -decken begleitet werden. Trachyt- und Bimssteintuffe und -conglomerate umlagern dieselben und breiten sich in der Ebene aus, wo sie Abdrücke von oligocänen Pflanzen, ferner Holzopal, sowie Braunkohlenflötze umschließen. In den Trachyten Siebenbürgens setzen gold- und tellurführende Gänge auf, so bei Nagyag und Offenbanya. Die Angehörigen dieser trachytischen Gesteinsgruppe haben in Ungarn und Siebenbürgen die horizontal liegenden Schichten des Oligocäns durchbrochen und werden selbst wieder von Basalten durchsetzt, welche zwar sehr zahlreiche, aber räumlich beschränkte Durchbrüche bilden.

An dieser Stelle kann nur angedeutet werden, dass die vulkanischen Gebiete von Centralfrankreich (Auvergne, Velay, Vivarais), die erloschenen Vulkane Cataloniens ebenfalls jungtertiären Alters sind und dass der Beginn der vulkanischen Erscheinungen der apenninischen Halbinsel, Siciliens und Griechenlands in die tertiäre Zeit fällt. Derselben Periode gehören die Eruptionen an, aus welchen die nordische vulkanische Zone hervorging, die sich von Grönland aus über Island, die Faer-Öer und Shetlands-Inseln bis nach Schottland, den Hebriden und Irland sowie nach Schonen erstreckt. Körnige Basalte, also Anamesite und Dolerite, walten hier vor, sind von Andesiten und Lipariten, von Tuffen und Conglomeraten begleitet, bilden gewaltige, jetzt freilich bereits wieder stark denudierte und zerschnittene Vulkane, sowie mächtige Systeme von über einander liegenden Decken, zeichnen sich fast überall durch ihre prachtvolle säulenförmige Absonderung aus und überlagern an vielen Stellen horizontal gelagerte miocäne Braunkohlen und überhaupt Neogenschichten.

Die in ihrer Ausdehnung ohne ihres Gleichen dastehende Zone von zum großen Teile jetzt noch thätigen Vulkanen, welche sich gürtelförmig rings um den stillen Ocean zieht, besteht neben den neuesten Producten

vulkanischer Thätigkeit aus den mannigfaltigsten trachytischen, andesitischen und basaltischen Gebilden, deren Eruption in die Tertiärzeit hinein reicht.

Das Quartär.

a. Diluvium oder Postpliocän; b. Alluvium.

Das Diluvium.

Während der älteren Zeitabschnitte der Diluvialperiode war der größte Teil Europas und Nordamerikas von Inlandeis und Gletschern bedeckt*). Auf dem erstgenannten Continente lassen sich vier größere Vergletscherungscentren feststellen, von denen gewaltige Eisdecken und Gletscherströme allseitig ausgingen und große Ländergebiete überzogen, und zwar (vergl. das Kärtchen Fig. 589):

1. Skandinavien mit dem nordeuropäischen Glacialgebiete;
2. die Hochlande und Gebirge Britanniens mit dem westeuropäischen oder britischen Glacialgebiet;
3. die Alpen mit dem südeuropäischen oder alpinen Glacialgebiete;
4. der nördliche Ural und das Timangebirge mit dem uralo-timanischen Glacialgebiete.

Um diese Hauptglacialgebiete scharen sich zahlreiche kleinere Gletscherherde.

1. Skandinavien mit dem nordeuropäischen Glacialgebiete**).

In der Periode intensivster Vergletscherung breitete sich von den centralen Partien Schwedens und Norwegens aus eine zusammenhängende, in

*) Jam. Geikie. The great Ice-Age. 2 ed. London 1894. — Ders. Glacial Succession in Europe. Transact. R. Soc. Edinburgh. XXXVII. Nr. 9. 1892. S. 427. — Ders. Classification of European Glacial-deposits. Journ. of geol. III. S. 234. Chicago 1895.

**) O. Torell. Undersökningar öfver Istiden. Öfversigt af K. Vetensk. Akad. Förhandl. Stockholm 1872. Nr. 10; 1873. Nr. 4. Außerdem zahlreiche Abhandlungen von Blytt, A. und E. Erdmann, de Geer, Gumälius, Helland, Holmström, Höghom, Holst, Lindström, Munthe, Nathorst, Stolpe, Törnebohm u. A. sowie die Publicationen der Geologischen Landesuntersuchung von Schweden.

W. Dames. Die Glacialbildungen der norddeutschen Tiefebene. Samml. gemeinverst. wiss. Vortr. Berlin. 1886. — F. Wahnschaffe. Die Ursachen der Oberflächen-gestaltung des norddeut. Flachlandes. Stuttgart 1894. — F. Roemer. Lethaea erratica. Pal. Abh. II. Heft 3. Berlin 1885. Außerdem zahlreiche Publicationen von Berendt, Calker, Credner, Dalmer, Dames, Dathe, Eck, v. Fritsch, E. Geinitz, Gottsche, Helland, Herrmann, Jaekel, Jentzsch, Keilhack, Klockmann, Martin, Nehring, Orth, Penck, Remele, F. Römer, Sauer, Schröder, Wahnschaffe, Weber, Werth, Zeise, — namentlich in d. Z. d. D. geol. Ges. u. dem Jahrb. d. k. pr. geol. Landesanstalt, ferner in den Erläuterungen zu den Flach- und Hügellandsectionen der k. preuß. und k. sächs. geolog. Specialkarten.

allseitig radiärer Bewegung befindliche Decke von Inlandeis über fast die ganze nördliche Hälfte von Europa aus und nahm während dieser ihrer größten Ausdehnung einen Flächenraum von mehr als 6 Millionen qkm ein. Über Finnmarken und die Halbinsel Kola floss das Eis nach N und NO in die arktische See, vom westlichen Norwegen aus in westlicher und nord-westlicher Richtung in den atlantischen Ocean, weiter im SW bis über die Orkneys und Shetlands hinaus; die vom südöstlichen Norwegen nach SW strömenden Massen füllten die Nordsee aus, bedeckten Dänemark und Holland und erreichten die heutige Mündung der Themse und des Rheines;

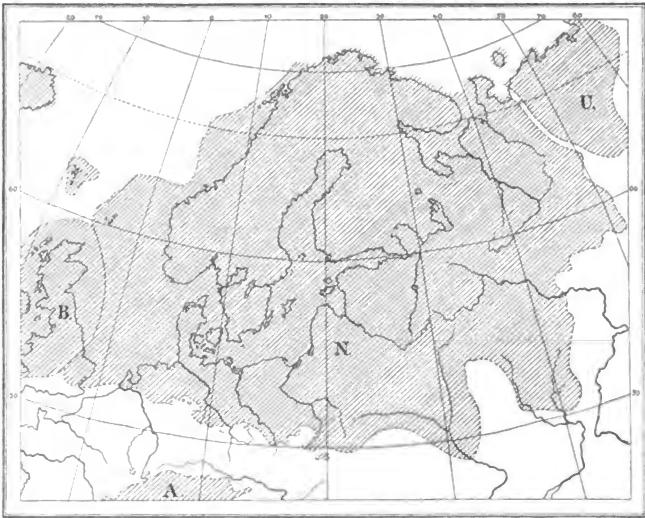


Fig. 589. Europa während der Haupteiszeit.

N = Nordeuropäisches, — B = Britisches, — A = Alpines, — U = Uralo-Timanisches Glacialgebiet.

vom mittleren Schweden drang das Eis nach Süden zu über Schonen, die Ostsee und das mittlere Norddeutschland bis an den Harz, das Erzgebirge und die Sudeten vor; von den nordöstlichen Strichen Schwedens breitete sich die Eisdecke nach SO und O über den Bottnischen Meerbusen, Finnland, die östlichen Striche der norddeutschen Ebene, über Polen, Galizien und den größten Teil des europäischen Russlands aus. Der südliche Rand dieser gewaltigen Fläche von Inlandeis (vergl. Fig. 589) verlief zu dieser Zeit etwa von der Mündung der Themse über diejenige des Rheines durch

Westfalen und das südliche Hannover bis zum Nordabhange des Harzes, schlang sich um letzteren in südwestlicher Richtung nach Thüringen hinein und bildete hier eine tiefe bis Saalfeld reichende Ausbuchtung. Von dort aus wendete er sich quer durch Sachsen, südlich von Zwickau, Chemnitz, Dresden und Zittau vorbei, die nordöstliche Flanke der Sudeten entlang über Landsbut und Glatz, durch Polen und Galizien über Lemberg südlich von Kiew vorbei über Poltawa bis fast an die Wolga. Dann zog er sich nach N zwischen Kasan und Nischnei-Nowgorod hindurch, bis er das Eismeer ungefähr an der Tschesskaja-Bai erreichte. Am Harz, in Sachsen und in Schlesien erreicht diese Schmelzlinie des einstigen Inlandeises Meereshöhen von 400—500 m. Alle diejenigen Teile Europas, welche nördlich dieses Bogens liegen, waren während der Haupteiszeit von Inlandeis bedeckt, das seinen Ausgangspunkt in Skandinavien hatte, und tragen noch heute die Hinterlassenschaften dieser Eisbedeckung. Die Mächtigkeit dieser letzteren muss eine sehr beträchtliche gewesen sein und in den centralen Partien Norwegens und Schwedens mindestens 1700 m betragen, nach der oben verfolgten Schmelzlinie zu aber ganz allmählich abgenommen haben.

In einem älteren, sowie in einem späteren Abschnitte der Glacialperiode, während deren das Eis seine oben angegebene weiteste Verbreitung noch nicht oder nicht mehr erreichte, ist seine Bewegung anderen Richtungen gefolgt. Namentlich machte sich zu jenen Zeiten eine Strömung von Finnland über Estland und Livland geltend, welche sich von da aus nach W und dann nach NW umbog, über Schonen und das nördlichste Deutschland verlief und die Bahnen der zwischen beiden erfolgten Hauptvereisung rechtwinkelig kreuzte.

Aus der an verschiedenen Punkten des nordeuropäischen Glacialgebietes beobachteten Wechsellagerung mehrerer nordischer Grundmoränen mit Kiesen und Sanden, diese mit Skeletteilen von Säugetieren, Meeres- und Süßwasserconchylien, sowie mit Pflanzenresten, lässt sich auf sehr beträchtliche Oscillationen des Inlandeises, und zwar auf eine dreimalige Vergletscherung des nördlichen Europas und auf zwei sie trennende Interglacialperioden schließen. Von diesen 3 Vereisungen haben sich jedoch wesentlich nur die zweite und dritte bis auf norddeutschen Boden erstreckt und auch von diesen erreicht die letzte bei weitem nicht die Ausdehnung der zweiten (für Norddeutschland ersten), auf dem Kärtchen Fig. 589 zur Darstellung gebrachten Eisüberflutung. Die südliche Randzone des norddeutschen Diluviums besteht deshalb ausschließlich aus den Producten der zweiten oder Haupteiszeit.

Die Spuren und Ablagerungen, welche das skandinavische Inlandeis auf dem zur Glacialzeit von ihm bedeckten Areale, also auf dem alten Gletscherboden zurückgelassen hat (vergl. S. 257 u. f.), sind die folgenden:

Frictionerscheinungen. In Skandinavien hält es schwer, Stellen nachzuweisen, welche von der scheuernden und glättenden Wirkung des Eises unberührt geblieben wären, vielmehr ist die Oberfläche von Norwegen und Schweden, dort wo sie aus festem Fels besteht, an unzähligen Punkten z. T. spiegelglatt geschliffen, rundhöckerig umgestaltet und von Schrammen und Furchen, sowie von feinen Ritzlinien bedeckt, wie sie nur durch die Bewegung von Gletschermassen und mit diesen der Grundmoräne hervor gebracht werden können (s. Fig. 89 u. 90, S. 256). Da diese ganz allgemein über Skandinavien verbreiteten Gletscherschrammen und -ritzen nicht nur gesetzmäßige Richtungen innehalten, sondern sich auch nur über die eine (Stoß-)Seite der Hügel und Felskuppen hinwegziehen, während sie auf dem entgegengesetzten, rauh gebliebenen Abhange (Leeseite) fehlen, so ließ sich hier mit Sicherheit constatieren, dass die sie verursachenden Eisströme von mehreren, im Inneren Skandinaviens gelegenen Hauptcentren radial ausgingen und in ihrer Gesamtheit eine allgemeine Eisdecke bildeten, welche sich, wenn auch local in ihrer Richtung beeinflusst durch tiefe Thaleinsenkungen oder beträchtliche Bodenerhebungen, doch im allgemeinen allseitig nach außen bewegte. Im südlichen Schonen, auf Bornholm und Seeland wurden jedoch auch Systeme von Schrammen beobachtet, welche eine nordwestliche Richtung innehalten und, wie bereits oben bemerkt, von einer ältesten und von einer auf die Hauptvereisung folgenden dritten Eisströmung herrühren.

In den zwischen dem bottnischen und finnischen Meerbusen gelegenen Teilen Finnlands sowie auf den Alandsinseln, ebenso in Estland, Livland und Kurland nebst Dagö und Ösel besitzen die vielerorts die Feloberfläche überziehenden Schrammen gleichbleibend einen südsüdöstlichen bis südlichen Verlauf, zeigen also auf das nördliche Schweden als Ausgangspunkt der dortigen Vergletscherung zurück. Außerdem aber machen sich auch schon hier jene oben erwähnten jüngeren, und zwar nach SSW verlaufenden Schrammen bemerklich, welche auf Gotland zu noch viel deutlicherem Ausdruck gelangen, so dass sich hier allgemein 2 Schrammungsrichtungen beobachten lassen, eine südöstliche, dem Radialsysteme der Hauptinvasion, und eine südwestliche, der baltischen Strömung angehörige. Letztere biegt sich dann um das Südende Schwedens und nimmt hier, wie erwähnt, schließlich eine westliche bis nordwestliche Richtung an.

In dem norddeutschen Glacialgebiete treten Felsgesteine, auf welchen sich derartige Frictionerscheinungen bethätigt haben und von der Verwitterung verschont geblieben sind, nur sporadisch, als isolierte Durchragungen des Schwemmlandes auf. Rundhöcker, Schliffflächen, Schrammen und Ritzlinien, die von dem nordischen Inlandeis herrühren, sind bisher beobachtet worden: auf dem Muschelkalk von Rüdersdorf (Richtung nach SSO, gekreuzt von jüngeren nach W verlaufenden Ritzen); auf dem Bone-

bedsandstein von Velpke und Danndorf zwischen Magdeburg und Braunschweig (NNO—SSW; jüngeres System O—W); bei Gommern südöstl. von Magdeburg (N—S); auf der Grauwacke von Magdeburg, auf dem carbonischen Sandstein bei Osnabrück (NNO—SSW); auf den Septarien des Oligocäns bei Joachimsthal am Werbelliner See (NNO—SSW); auf dem Jurakalk bei Inowrazlaw (NW—SO), auf den Porphyren des Galgenberges bei Halle, bei Landsberg (N—S), bei Taucha, bei Brandis (NNW—SSO), bei Collmen (WNW—OSO), bei Wildschütz (WNW—OSO, gekreuzt von ONO—WSW) und bei Oschatz (NNO—SSW); auf dem Granit von Lommatzsch (N—S); auf der Grauwacke von Ponikau und dem Granit von Bischofswerda und Löbau (NNO—SSW), auf dem Granit des Rummelsberges in Schlesien (N—S), auf dem Basalt von Jauer (NW—SO).

Die Grundmoräne. Da das Inlandeis die skandinavisch-nordeuropäischen Landstriche zur Zeit seiner größten Ausdehnung in Gestalt einer zusammenhängenden Decke überzog, war damals keine Gelegenheit zur Bildung von Oberflächenmoränen geboten. Dahingegen hat die unter dem Eise, zwischen diesem und dem Gletscherboden, durch Zerstückelung, Zermalmung und Zerreibung losgetrennter Teile dieses letzteren gebildete Grundmoräne eine allgemeine Verbreitung über das ganze Glacialareal erhalten. Diese Grundmoräne des nordischen Inlandeises der Diluvialzeit wird in Schweden als Botten- oder Krosstensgrus und Krosstens- oder Jökellera, in Dänemark als Rollstenslera, in Deutschland als Blocklehm, Geschiebelehm oder Geschiebemergel bezeichnet. Die allgemeine petrographische, namentlich die structurelle Beschaffenheit dieses Geschiebelehmes ist in seinem ganzen Verbreitungsgebiete von Estland und Galizien bis Holland und Dänemark, von Schonen bis an den Fuß des Erzgebirges durchweg die nämliche. Überall ist er ein sich rau und kratzig anführender Lehm, an der Oberfläche gelbbraun und sandig, in der Tiefe grau bis schwärzlich, thonig und kalkhaltig (bis über 12 Procent), angefüllt von Mineralkörnern und -splittern, sowie von ordnungslos und wirr verteilten nordischen Geschieben. Er ist das Zermalmungsproduct der verschiedenartigsten Gesteine von ausnahmslos nordischer oder nördlicher Herkunft. Die charakteristischsten und verbreitetsten dieser Geschiebe sind in Deutschland: Feuersteine, Schreibkreide, Dogger, versteinungsreiche cambrische und silurische Gesteine, Dalaquarzite, zahlreiche Varietäten von Gneiß, Hälleflinta, Amphibolite, buntfarbige Granite, Syenite, Rappakiwi, rote Porphyre, Diabase, Diorite, Rhombenporphyre, schonische Basalte u. a. Sie haben ihre Heimat sämtlich in Schweden und Norwegen, den baltischen Provinzen und dem Gebiete der Ostsee. Zu ihnen gesellen sich nach Süden zu Geschiebe, welche deutschem Boden entstammen, in die nordische Grundmoräne des sich über letzteren ziehenden Eises aufgenommen und mit ihr in ungefähr südlicher Richtung weiter transportiert worden sind.

Die Geschiebe dieser Grundmoräne werden, sobald sie beträchtlichere Dimensionen erreichen, erratische Blöcke, nordische Geschiebe oder Findlinge genannt. Dieselben sind teils im Geschiebelehm eingeschlossen, teils liegen sie auf seiner Oberfläche zerstreut, zuweilen dicht angehäuft. Sie besitzen sehr gewöhnlich 1—2 m, nicht selten bis 3 m Durchmesser, doch sind auch Blöcke von 5—10, noch vereinzelter solche von 12—15 m Länge bekannt.

Sehr gewöhnliche und charakteristische Erscheinungen sind Schriffflächen, Schrammen- und Ritzensysteme auf den Geschieben (vergl. S. 255, Fig. 87), wodurch sich diese als Scheuersteine kundgeben und den Geschiebelehm, der sie birgt, als Grundmoräne kennzeichnen.

Während sich, wie gesagt, die Structur und der allgemeine petrographische Habitus der letzteren überall ziemlich gleich bleibt, ist die Beschaffenheit der in ihr enthaltenen Geschiebe eine verschiedene je nach der geologischen Zusammensetzung derjenigen Gebiete, in welchen die einzelnen von Skandinavien ausstrahlenden Gletscherströmungen ihre Heimat hatten, oder welche sie auf ihrem Wege überschritten haben. So bestehen die nordischen Geschiebe der Hauptvergletscherung an der südöstlichen Küste Englands z. T. aus Zirkonsyenit und Rhombenporphyr der Gegend von Christiania, — im Königreich Sachsen ausschließlich aus Gesteinen aus dem mittleren Schweden, Schonen, Bornholm, Gotland und dem baltischen Kreidegebiet, — im südlichen Russland bei Kiew aus Rappakiwis und Silurkalken von Finnland und Estland, haben also nach England einen südwestlichen, nach Sachsen einen südlichen, nach Kiew einen südöstlichen Transport erlitten.

Während an diesen äußeren Grenzen des skandinavischen Glacialareales die radiäre Transportrichtung sich rein und klar zu erkennen giebt, macht sich in den zwischen Schweden und Finnland einerseits und der eben erwähnten südlichen Randzone des älteren Vergletscherungsgebietes anderseits gelegenen Landstrichen in Übereinstimmung mit der Richtung des baltischen Schrammensystemes (S. 715) ein anfänglich südwestlicher, dann rein westlicher, ja nordwestlicher Transport und zwar namentlich in der Verbreitung estländischer Silurgesteine und -fossilien sowie charakteristischer alander Gesteinsarten bemerklich. Derselbe dürfte von einem älteren und einem jüngeren baltischen Eisstrome herrühren, welche die Hauptvereisung einleiteten und sie abschlossen (S. 714).

Als Drumlins bezeichnet man elliptische, schildförmig gewölbte Anhäufungen von Geschiebemergel, welche unter dem Eise accumuliert wurden.

Die Mächtigkeit des gesamten Diluviums erreicht in Schonen und Norddeutschland local 150, ja über 200 m.

Localfacies des Geschiebelehmes; Stauchung des Untergrundes des letzteren. Auf ihrem Wege ergänzt sich die Grundmoräne stetig durch

Aufnahme neuen Gesteinsmaterials aus dem Gletscherboden. Am auffälligsten ist dies z. B. dort, wo das Inlandeis und mit ihm die Grundmoräne das baltische Kreideareal erreichte und überschritt. Von hier aus erscheint der Geschiebelehm gespickt mit bis dahin fehlenden Feuersteinen und Kreidebrocken, beim Überschreiten des Rotliegenden färbt er sich rot, auf dem Porphyrtterrain Sachsens füllt er sich mit Porphyrfragmenten, auf dem Muschelkalk und Jura mit versteinierungsführendem triadischen und jurassischen Materiale, ebenso wie er sich Süßwasser- und marine Conchylien dort einverleibt, wo er Wasserbecken oder jüngere lockere Schlamm- und Sandablagerungen überschreitet. Der Geschiebelehm erhält dadurch an solchen Stellen eine von der Zusammensetzung des Untergrundes bedingte Localfacies.

Die Aufnahme neuer Gesteinsfragmente in die Grundmoräne ist besonders auffällig dort, wo das Ausgehende spröder Schichten oder massiger Gesteine durch das darüber ziehende Eis und dessen Grundmoräne zertrümmert, zu einem chaotischen Haufwerke von eckigen Bruchstücken umgewandelt und mit mehr oder weniger reichlichem Geschiebelehm verknetet ist (Krosstengruss). Von solchen Punkten aus verbreiten sich dann die frisch aufgenommenen Gesteinsfragmente schweifartig in der Richtung der Eisbewegung, nehmen durch gegenseitige Reibung abgerundete oder kantenbestoßene Gestalt an und werden z. T. nebst ihren organischen Einschlüssen angeschliffen und geschrammt.

Auf einem Untergrunde von lockerem, klastischem oder nachgiebigem Materiale (z. B. Kreide, Braunkohle; Thon, Sand, Kies des Oligocäns und Diluviums) äußerte sich der Eisschub in der Form von Stauchungen, Zusammenschiebungen, Überkippungen und Zerreißen der oberflächlichen Schichten (s. S. 257), die dann oft schweifartig in den Geschiebelehm hineingezogen werden. Derartige Druckerscheinungen sind überall in der norddeutschen Ebene, ebenso wie in Schonen und Finnland, allgemein verbreitet. An anderen Stellen, wo das Material weniger biegsam ist, können dessen Bänke in große Stücke gebrochen und verschoben und zwischen diese gangförmige Massen des Geschiebelehms eingepresst werden. So sind z. B. die Kreidefelsen von Moen zusammengeschobene Riesenschollen, die von bis zu 100 m langen Injectionen des Geschiebelehms durchsetzt werden.

Riesentöpfe und Sölle. Nicht selten sind auf alten Gletscherböden, z. B. der Alpen, Riesentöpfe anzutreffen, wo sie durch rasch dahin schießende, strudelnde Schmelzwasser mit Hilfe härterer Gerölle eingebohrt wurden. Gleiches wiederholt sich auf dem nordeuropäischen Glacialgebiete in Schweden, in Norwegen (vergl. S. 234, Fig. 73), ferner auf dem Muschelkalke von Rüdersdorf und Oberschlesien, auf dem Gypse von Wapno, auf der Kreide von Lägerdorf i. Holst., im diluvialen Süßwasserkalk von

Ülzen u. a. O. Eine verwandte Erscheinung sind die auf Rügen und im Gebiete des baltischen Höhenrückens allgemein verbreiteten Sölle. Es sind dies kreisrunde, trichter-, kessel- oder schüsselförmige, oft mit Wasser oder Torf ausgefüllte Strudellöcher im Geschiebelehm. Auf ähnliche Vorgänge (Ausstrudelung durch Schmelzwässer) wird von E. Geinitz die Entstehung vieler Seebecken im Gebiete des norddeutschen Diluviums zurückgeführt (Evorsionsseen).

Geschichtetes Glacial- und Interglacialdiluvium. Dessen **organische Reste.** Neben dem Geschiebelehm oder Geschiebemergel als der eigentlichen Grundmoräne besteht das nordeuropäische Diluvium auch noch aus geschichteten, also mit Hilfe des Wassers und zwar namentlich der Schmelzwasser zustande gekommenen, also dann fluvio-glacialen Ablagerungen, den Diluvialkiesen, -sanden und -thonen, in welchen man als den Auswaschungs- und Schlämmpducten des Geschiebelehms die nach ihrer Schwere und Korngröße separierten und getrennt abgelagerten Bestandteile der Grundmoräne wieder erkennt. Die Diluvialsande bestehen demnach vorzugsweise aus Körnchen von Quarz, Feldspat und Amphibol, nebst Blättchen von Glimmer und Partikeln von Eisenerzen und werden, wenn sie besonders glimmer- oder feldspatreich sind, als Glimmer- oder als Spatsande, bei größter Feinheit des Kornes als Schlepp, bei reichlicher Führung von cretacäischen Bryozoen als »Korallensand« bezeichnet. Diluvialgrand nennt man ein Gemisch von sandigem und grobkiesigem nordischem Materiale. Der meist außerordentlich regelmäßig und zart geschichtete und dann lagenweise verschieden gefärbte Diluvialthon, Glindower Thon oder Bänderthon, ist aus dem Absatze der allerfeinsten Ausschlümmungsproducte, also der thonigen, kalkigen und mehligen Theilen des Geschiebemergels hervorgegangen.

Diese geschichteten Ablagerungen, die sich gegenseitig, sowie als fluvio-glaciale Gebilde auch die Geschiebelehme stellvertreten und sich außerdem als interglaciales Diluvium zwischen den oberen und unteren Geschiebelehm einschalten können, nehmen an der Zusammensetzung des nordischen Diluviums von Schonen bis nach der südlichen Randzone des letzteren einen wesentlichen, sogar meist vorwiegenden Anteil; namentlich pflegen sie die unterste Stufe der Glacialformation in z. T. außerordentlicher Mächtigkeit aufzubauen. Charakteristisch ist für viele hierher gehörige Sande und Kiese ihre Linsen- und discordante Parallelstructur.

Local führen die Kiese, Sande und Thone des Interglacialdiluviums **organische Reste**, und zwar:

4. Marine Mollusken

a) von arktischem Habitus: *Cyprina islandica*, *Yoldia arctica*. *Tellina calcarea* und *Astarte borealis* in Westpreußen (Yoldien- und

Cyprinenthone); *Cyprina islandica* in Schleswig-Holstein und Dänemark (Cyprinenthone). Im unteren Diluvialthon und -sand.

b) von Nordseehabitus: *Ostrea edulis*, *Tellina solidula*, *Corbula gibba*, *Mactra subtruncata*, *Cardium edule*, *Cerithium lima*, *Scalaria communis*, *Buccinum reticulatum*. Hierher gehören die Vorkommnisse auf Rügen, in Ost- und Westpreußen, bei Schwaan in Mecklenburg, ferner in Holstein und an der Unterelbe, so die *Mytilus*-Bänke von Tarbeck, die *Ostrea*-Bänke von Blankenese, Fahrenkrug, Tarbeck und Stade. In interglacialen Thonen und Sanden.

2. Süßwassermollusken besitzen eine weit ausgedehntere Verbreitung im geschichteten nordischen Diluvium, wo sie von Schonen, Rügen, von der Unterelbe, der Umgegend von Berlin, Potsdam, Rathenow, Sperenberg, Rüdersdorf, Fürstenwalde, Magdeburg, Westeregeln, Latdorf, Halle, vom Fläming, aus Hinterpommern, Westpreußen u. a. O. bekannt geworden und zuweilen schichtenweise in ungeheurer Menge angehäuft gefunden worden sind. Dies gilt namentlich von *Paludina diluviana* und *Valvata piscinalis* im Liegenden des unteren Geschiebemergels namentlich der Mark. Außer ihnen sind zu erwähnen: *Bithynia tentaculata*, *Limnaeus stagnalis*, *Planorbis spirorbis*, *Pisidium amnicum*, *Cyclas cornea*, *Anodonta cygnea*, *Unio* u. a. Aus dem Diluvium von Halle und Bromberg ist *Cyrena fluminalis* bekannt geworden. Die Brackwasserform *Dreissensia polymorpha* ist in Ost- und Westpreußen häufig.

3. Säugetiere: *Elephas antiquus*, *E. primigenius*, *Rhinoceros Mercki* und *tichorhinus*, *Bos primigenius*, *Ovibos fossilis*, *Rangifer groenlandicus*, *Megaceros euryceros* und *Ruffii*, *Cervus dama*, *Cerv. alces*, *Cerv. tarandus*, *Ursus*, *Equus* u. a.

4. Pflanzen: In Glacialthonen Schonens, ebenso in Westpreußen, Holstein, Mecklenburg und Sachsen, wies Nathorst Reste einer arktischen Flora, nämlich *Dryas octopetala*, *Betula nana*, *Salix polaris* nach. Diatomeenlager sind z. B. in Ost- und Westpreußen, in der Lüneburger Haide, bei Wend. Wehningen i. Meckl., bei Dessau, Torflager interglacialen Alters mit Fichte, Kiefer, Birke, Erle, Weide, Hainbuche, Hasel, Linde und Stechpalme, ferner mit Samen und Früchten von *Brasenia* (*Cratopleura*) und *Folliculites* (*Stratiotes*) sind z. B. von Klinge bei Kotthus bekannt.

Da die oberen Partien der Sande und Kiese oft von der sich unter großem Drucke über sie hin bewegenden Grundmoräne aufgearbeitet und aufgenommen worden sind, so gelangten häufig auch die organischen Reste der ersteren und zwar namentlich Conchylien (besonders *Paludina diluviana*) in den Geschiebelehm, in welchem sie demnach die Rolle von Geschieben spielen, oft zerstückelt und zuweilen geschrämmt sind.

Glaciale Rückzugsgebilde. Beim Abschmelzen des Inlandeises gelangten auf der Grundmoräne oder an deren Stelle gescbiebeführende nordische

Sande und Grande, Gerölle, Blockanhäufungen und Moränenschutt als letzte Gebilde der jedesmaligen Vergletscherung zum Absatze. Von ihnen besitzt die allgemeinste Verbreitung der Geschiebedecksand (Geschiebesand, Decksand, Rullstenssand). Es ist dies ein schüttiger Sand und Grand mit größeren und kleineren Geschieben nordischer Herkunft, z. T. von pyramidalen Gestalt (Kantengeschiebe, Facettengerölle, Dreikanter, siehe S. 265). Derselbe bildet ausgedehnte Decken auf den Hochflächen von Schonen, Dänemark, Schleswig-Holstein, Mecklenburg, Pommern und den benachbarten Strichen Norddeutschlands sowie des uralisch-baltischen Höhenzuges. Nicht immer als gleichmäßige Decke entwickelt, formt er oft langgestreckte Züge von maulwurfsaufenähnlichen Hügeln, welche mit erratischen Blöcken überstreut und zwischen welchen abflusslose Weiher, Tümpel und Moorsflächen eingesenkt sind, so dass typische Moränenlandschaften entstehen (Ostpreußen, Pommern, Mecklenburg, Sachsen).

Ein Zug echter, einem längeren Stillstandes des sich von Süden her zurückziehenden Eisrandes ihren Ursprung verdankender End- oder Stirnmoränen erstreckt sich entlang dem ganzen mecklenburg-pommerschen-preußischen, an Seen so reichen Höhenzuge in einem gewaltigen nach N offenen Bogen von Schleswig aus durch Holstein, Mecklenburg, die Uckermark, Neumark und Hinterpommern bis jenseits der Weichsel (Fig. 590 *M*).

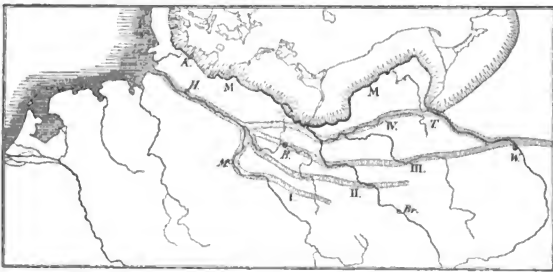


Fig. 590. Der Eisrand des dritten skandinavischen Inlandeises bei einer Unterbrechung seines Rückzuges, — die während dieses Stillstandes abgelagerte baltische Endmoräne und die eiszeitlichen Hauptströme Norddeutschlands. Nach *Berendt, Keilhack u. Wahnschaffe*. *M* = Baltische Endmoräne. *I–IV* = eiszeitliche Hauptströme: *I* = von Görlitz-Wittenberg; — *II* = von Baruth; — *III* = von Warschau-Berlin; — *IV* = von Thorn-Eberswalde.

Sie bestehen aus einem vielfach ein- und ausgebuchteten Gürtel von kuppen- oder rückenförmigen Hügeln, die aus Diluvialsand und Geschiebelehm zusammengesetzt sind und oft für lange Erstreckung in fortlaufende Geschiebewälle, in Steinpackungen und Blockhügel von 40 bis 42 m Höhe

übergehen, oder solche tragen oder aber strichweise mit nordischen Geschieben dicht bestreut sind. Auf der convexen, inneren Seite des von ihnen umschriebenen Bogens pflegt Geschiebemergel (also Grundmoräne) die Oberfläche zu bilden, während sich nach außen weite Sandflächen anlehnen, welche den Schmelzwässern des Eisrandes ihren Ursprung verdanken (Berendt, Keilhack, Wahnschaffe, E. Geinitz).

Noch leichter zu überblicken sind die End- und Seitenmoränen im mittleren Schweden und in Norwegen, wo sich das schmelzende Inlandeis bereits in eine Anzahl Einzelgletscher aufgelöst hatte, welche den größeren Thaleinsenkungen folgten und bei ihrem schließlichen Rückzuge an deren Abhängen Seitenmoränen, sowie die Thäler durchquerende Endmoränen zurückließen. Namentlich in Norwegen (z. B. am Kristiania-Fjord und den zugehörigen Thälern) und zwischen Wener- und Wetteren-See finden sich vollständige Systeme solcher sich mehrfach hintereinander wiederholender Endmoränen, welche nicht selten die Thäler absperren und zur Aufstauung von Seen Veranlassung gegeben haben.

Zu der Gruppe der der Grundmoräne aufgelagerten Glacialgebilde gehören auch die schwedischen Åsar. Es sind dies steile, bis zu 50, ja 60 m hohe, wallartige Rücken fluvioglacialen Ursprunges, welche sich quer zum Verlaufe der Endmoränen, also in der Richtung der Eisströmung, meilenweit (das Upsala-Ås in mehr als 27 geogr. Meilen Länge) vom Meerespiegel oder von der allgemeinen Geschiebesanddecke Nordschonens aus ununterbrochen bis in das mittlere Schweden bis zu 360 m Meereshöhe verfolgen lassen, ziemlich parallel zu einander das Land durchziehen, sich zuweilen gabeln und in ihrem Verlaufe eine gewisse Ähnlichkeit mit Flusssystemen besitzen. Sie bestehen der Hauptsache nach aus Grand, Sand und wohlgerundeten Geröllen (Kullstensgrus), an welche sich beiderseits marine Schichten anlagern. Analoge Gebilde sind auch innerhalb des norddeutschen Glacialgebietes, so in Pommern, Posen und Oldenburg bekannt.

Die Stromsysteme Norddeutschlands während der Glacialzeit. Die Schmelzwasser des sich zurückziehenden Inlandeises flossen theils unter letzterem ab, hauptsächlich aber schnitten sie sich außerhalb des Eisrandes breite Thäler ein, welchen unsere heutigen Hauptströme jetzt nur noch streckenweise folgen. Diese alten Thäler hielten eine parallel dem jeweiligen Gletscherrande verlaufende, anfänglich ungefähr ost-westliche Richtung inne und führten die von N zufließenden Schmelzwasser, vermehrt um die von Süden her kommenden Wasser der Weichsel, Oder und Elbe sämtlich der Nordsee zu. Der südlichste dieser Stromläufe (I, Fig. 590) lässt sich von der Neiße unterhalb der Stadt Görlitz aus in westlicher Richtung über die Spree, die Schwarze Elster entlang bis zur jetzigen Elbe verfolgen. Weiter nördlich zieht sich ein solches altes Stromthal, das Glogau-Baruther Thal (II, Fig. 590), von Kalisch aus in westlicher Richtung nach Glogau,

nahm hier die Oder auf, und führt durch den Spreewald und das Baruth-Luckenwalder Thal längs des Fläming nach der Elbe. Nach einer beträchtlichen Abschmelzung des Inlandeises verlegte sich das Sammelthal weiter nach N und verband nun als Warschau-Berliner Thal (III, Fig. 590) die Weichsel nebst einem von Osten kommenden Schmelzwasserstrom nördlich von Warschau mittelst der jetzt von dem Ner und von der Warthe durchflossenen und vom Ohrbruch eingenommenen Thalrinne mit der Oder, um sich von hier über Fürstenwalde, Berlin und Spandau durch das Havelluch zur unteren Elbe zu wenden. In einer letzten Etappe des Rückzuges des Eises floss die Weichsel von Bromberg aus durch das Thal der Netze und Warthe, nahm die Oder auf, lenkte dann bei Freienwalde durch die Thalniederung des jetzigen Finnow- und Ruppiner Kanales über Eberswalde nach Westen und vereinigte sich gleichfalls in der Gegend von Havelberg mit der Elbe (das Thorn-Eberswalder Thal, IV, Fig. 590). Nach gänzlichem Abschmelzen des norddeutschen Inlandeises brach die Weichsel bei Fordon, die Oder bei Oderberg nach N zu ihrem jetzigen in die Ostsee führenden Unterlaufe aus. Die alten Ost-West-Thäler nebst den in sie einmündenden Schmelzwasserrinnen wurden eines nach dem anderen trocken gelegt, bilden jetzt weite horizontale Thalebenen, die wesentlich aus Thalsanden und -lehm bestehen und später streckenweise von den gegen ihre Breite verschwindend kleinen Wasserläufen der Jetztzeit als bequemste Wege benutzt wurden (Berendt).

In kleinerem Maßstabe machen sich diese Erscheinungen bereits im nördlichen Sachsen geltend, wo die Spree, Elbe, Mulde und Elster anfänglich einem nach Westen gerichteten Lauf folgten, um sich später mehr nach Norden zu wenden.

Jung- und postglaciale marine Ablagerungen. Gegen das Ende der Glacialperiode, als sich die Gletscher bereits in die centralen Partien Scandinaviens zurückgezogen hatten, fand eine Senkung statt, infolge deren ein großer Teil des südlichen und mittleren Schwedens, sowie die Küstenstriche Norwegens zeitweilig vom Meere und von dessen Ablagerungen bedeckt wurden, um später wieder bis zu 200 m über den jetzigen Meeresspiegel emporgehoben zu werden. Hierher gehören die Terrassen, die Muschelbänke, die marinen Sande und Thone des südlichen Norwegens (vergl. S. 163). Die höchstgelegenen und deshalb ältesten dieser Muschelbänke enthalten eine Molluskenfauna mit arktischem Gepräge (*Pecten islandicus*, *Buccinum groenlandicum*, *Yoldia arctica*, *Y. pygmaea*, *Mya truncata* u. a.). In dem tiefer gelegenen, erst später während der Hebung der Küste abgelagerten Muschelthone verschwinden die arktischen Formen, dagegen finden sich *Littorina littorea*, *Tellina solidula*, *Mya arenaria*, *Cardium edule*, *Mytilus edulis*, *Isocardia cor*, *Rhynchonella psittacea* u. a.

Auch im südlichen Schweden haben glaciale Thone mit *Yoldia*

arctica und *Phoca groenlandica* (= *Hvarfviglera*) eine weite Verbreitung, stehen mit Muschelbänken, z. B. bei Uddevalla mit arktischer Molluskenfauna in Verbindung und schmiegen sich an die Flanken der Äsar an. Auf sie folgen im östlichen Schweden sowie in Esthland Süßwasser-Ablagerungen mit *Ancylus fluviatilis* und *Limnaea ovata*, welche darauf hinweisen, dass die Ostsee in der ältesten Postglacialzeit ein durch stattgehabte Hebungen rings abgeschlossenes Süßwasserbecken bildete. Diese *Ancylus*-Schichten werden überlagert von Kiesen, Sanden und Thonen mit einer marinen Fauna, nämlich mit *Littorina*, *Rissoa*, *Mytilus*, *Cardium* und *Tellina* (*Littorina*-Schichten), die nach wieder erfolgter Senkung des Westgestades des bisherigen baltischen Süßwasserbeckens mit dem aus der Nordsee durch das Kattegat eindringenden Salzwasser eingewandert waren.

Beispiele der Gliederung des norddeutschen Glacialdiluviums.

In der Mark Brandenburg und Pommern (nach Berendt, Keilhack und Wahnschaffe).

5. Decksand, Geschiebesand, oberer Diluvialsand, mit Grand- und Gerölllagen, mit Dreikantern; Thalsand und Haidesand.
4. Oberer Geschiebemergel, z. T. vertreten durch den Geschiebesand. Endmoränen des baltischen Höhenrückens.
3. Diluvialsand und -grand nebst Thoneinlagerungen mit Resten von *Elephas primigenius*, *Rhinoceros tichorhinus*, *Bos primigenius*, *Rangifer groenlandicus*, *Equus*, *Ursus* u. a. (Rixdorf, Tempelhof, Britz, Nieder-Löhme, Phöben u. a. O.); ferner mit Süßwasserconchylien: *Paludina diluviana*, *Bithynia tentaculata*, *Valvata piscinalis*, *Pisidium amnicum*.
2. Unterer Geschiebemergel.
1. Glindower Thon, Diluvialthon, nebst unterem Diluvialsand und -grand mit Geröll- und Geschiebelagern. Letzterer mit dem Glindower Thon und dem unteren Geschiebemergel in oft mehrfacher Wechsellagerung. Die Thone, Sande und Grande mit Süßwasserconchylien, namentlich *Paludina diluviana*, *Valvata piscinalis*, *Bithynia tentaculata*, *Pisidium amnicum* (Paludinen-Bänke). Der Geschiebemergel hat diese Conchylien aus seinem aufgearbeiteten Untergrunde aufgenommen; namentlich ist *Paludina diluviana* in den Bänken des unteren Geschiebemergels häufig.

In Schleswig-Holstein und an der Unterelbe (nach Meyn und Gottsche).

5. Geschiebesand oder Decksand, bestreut mit großen erratischen Blöcken, und Haidesand. Endmoräne.
4. Oberer, gelblicher Geschiebelehm, Geschiebethon oder Blocklehm mit Zwischenlagen von nordischen Granden.
3. Korallensand, Diluvial- und Spatsand mit cretaceischen Bryozoen, ferner mit *Cardium edule* (Lauenburg u. Möln); Austernbänke (Blankenese u. Stade); *Mytilusbänke* (Tarbek), Muschelbänke von Fahrenkrug und Burg mit Nordseemollusken.
2. Unterer, blauer Geschiebelehm, Korallenmergel, Moränenmergel.

4. Diluvialthon, Brockenmergel, Yoldia-Thone von Rensing und Itzehoe, Cyprinenthon, auf Alsen mit *Cypr. islandica*, *Buccinum reticulatum*, *Corbula nucleus*; Formsande; local (Hamburg) mit Süßwasserfauna (*Valvata piscinalis*).

In Ost- und Westpreußen (nach Jentzsch).

4. Oberer Geschiebemergel nebst Granden, Sanden und Thonmergeln. Baltische Endmoräne.
3. Diluvialsand mit *Ostrea edulis*, *Cardium edule*, *Corbula gibba*, *Nassa reticulata* bei Marienwerder, Mewe, Dirschau, Elbing, Heilsberg; Grande mit *Elephas primigenius*, *Rhinoceros antiquitatis*; *Bithynia tentaculata*, *Pisidium*, *Unio* bei Neudamm und Graudenz. Diatomeenmergel bei Elbing und Zinten. Diluvialkohle der Gegend von Memel.
2. Unterer Geschiebemergel nebst Granden und Sanden.
4. Untere Diluvialsande und -thone mit *Yoldia arctica*, *Cyprina islandica*, *Astarte borealis*, oder mit *Dreissensia* und *Valvata* — sowie mit *Rhinoceros*, *Elephas*, *Tarandus* zwischen Elbing und Tolkemit.

In nordwestlichen Sachsen (nach H. Grd.).

3. Geschiebedecksand, meist Hügel und Rücken bildend.
2. Geschiebelehm und Geschiebemergel, entsprechend dem unteren Geschiebemergel der Mark, Holsteins, Mecklenburgs; local mit Zwischenlagern von Diluvialsand, -grand, und Geröllen; Palud. diluviana auf secundärer Lagerstätte; neben den nordischen Geschieben local einheimische, geschrämte Geschiebe; stellenweise auf Rundhöckern und Gletscherschliffen aufliegend, oft in Localfacies (S. 748).
4. Bänderthon (Diluvialthon), sowie Flussschotter der eiszeitlichen Elbe, Mulde, Pleiße und Elster, diese sowohl mit nordischen wie mit südlichen Geröllen; local in Wechsellagerung mit Bänken von Geschiebelehm und Diluvialthon. Stufe 1, 2 und 3 entstammen sämtlich der Hauptvergletscherung Norddeutschlands. Darunter präglaciale, wahrscheinlich pliocäne Schotter der Elster und der Saale.

Die Gesamtheit der Ablagerungen, aus denen sich das norddeutsche Diluvium aufbaut, gliedert sich zeitlich und genetisch von oben nach unten wie folgt*):

Postglacial: Arktische Flora im Grunde norddeutscher Torfmoore.

Dritte Glacialzeit (Polandian und Mecklenburgian Geikie's): oberer Geschiebemergel und Geschiebesand des nördlichen Norddeutschlands, Endmoränen des baltischen Höhenrückens. Thalsande und -lehme der alten Hauptthäler (s. S. 723).

Zweite Interglacialzeit (Helvetian Geikie's): Säugetierfauna von Rixdorf u. s. w. Marine und Süßwasserablagerungen von Ost- und Westpreußen. Austernbänke von Stade, Blankenese, Fahrenkrug, Süßwassergebilde von Rathenow und Potsdam. Torflager von Klinge bei Kottbus.

Zweite Glacialzeit (Saxonian Geikie's): unterer Geschiebemergel Norddeutschlands. Fluvio-glaciale Klese, Sande und Thone (Glindower Thone, Bänderthon) unter und über demselben.

* K. Keilhack. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 4895. S. 444. — Vergl. hierzu: J. Geikie. Classification of European Glacial-Deposits. Journ. of Geology. III. Chicago, 1895. S. 244.

Erste Interglacialzeit (Norfolkian Geikie's): Paludinenreiche Thone und Mergelsande (Paludinenbänke). Süßwasserkalk des Fläming und der Lüneburger Haide. Diatomeenlager von Soltau, Oberohre und Rathenow. Yoldia-thone in Westpreußen und Holstein. Cyprinenthon Holsteins.

Erste Glacialzeit (Scanian Geikie's): älteste Grundmoränen im Gebiete der östlichen baltischen Seenplatte. Fluvio-glaciale Bildungen bis in die südliche Mark.

2. Das britische Glacialgebiet.

Ähnlich wie die centralen Teile Skandina viens waren die Hochlande und Gebirge Englands, Schottlands und Irlands Ausgangspunkte für eine wiederholte Vergletscherung der ganzen britischen Inseln*). Von jenen Hauptsammelstellen des Eises breitete es sich radiär nach allen Seiten aus, bedeckte die Berge bis zu einer Höhe von mehr als 4000 m mit Schläffen und Moränenmaterial, füllte den Meeresarm zwischen England, Schottland und Irland ganz aus, überschritt die atlantische Küste der beiden letzteren und schob sich über dieselbe noch über die Hebriden und Orkneys bis in den atlantischen Ocean hinaus, während es im O mit dem bis dahin vordringenden skandinavischen Inlande is zu einer einheitlichen Decke verschmolz (Fig. 589). Am intensivsten war die Vergletscherung in Schottland. Die vor und während derselben erzeugten Gebilde gliedern sich nach J. Geikie wie folgt (von unten zu lesen):

5. Dritte Vergletscherung. Die Hochlande werden von zusammenhängenden Eisdecken überzogen. Nach einigen Oscillationen lösen sich dieselben in getrennte Thalgletscher auf; auch diese verschwinden. Als Rückzugsgebilde werden erzeugt: lehmiger Schutt mit großen erratischen Blöcken, isolierte Hügel und Rücken von geschichtetem Kies und Sand (Kames, Endmoränen, schwache Seitenmoränen, sämtlich zuletzt auf die Thäler beschränkt).
4. Rückzug der zweiten Eisdecke. Interglaciale Kiese und Sande nebst Torf. Senkung um etwa 30 m. Thone mit arktischen und borealen Molusken (*Yoldia arctica*, *Pecten islandicus*, *Leda truncata* u. a.) werden niedergeschlagen (Clyde beds; oberer Yoldienthon).
3. Zweite Inlande isbedeckung, sie hinterlässt den Upper boulder clay oder upper till, einen Geschiebelehm, reich an geschliffenen und geritzten marinen Resten aus den Interglacialthonen.
2. Rückzug des Inlande ises, gefolgt von einer Senkung des Landes um fast 480 m. Es werden interglaciale Kiese und Sande mit Mammut- und Renntierresten abgelagert, darüber nach der Küste zu marine Thone mit *Tellina calcarea* und *Cyprina islandica* (Shelly clay), sowie solche mit *Mytilus edulis*.
4. Allgemeine Bedeckung durch Inlande is, welches sich radiär nach außen bewegt und bis in die seichteren Partien des Meeres vordringt. Die von ihm zurückgelassene, bis über 80 m mächtige Grundmoräne ist der lower

* J. Geikie, The great Ice-Age. 2. ed. London 1894. S. 4—422.

till oder lower boulder clay, ein steiniger, fester Lehm, voll von geschrammten Geschieben, von oft gewaltigen Dimensionen. Infolge von Oscillationen des Eisrandes mit localen Einlagerungen von Thonen, Sanden und Kiesen, diese mit Birke, Haselnuss, Moosen, sowie mit Resten von Mammut, Renntier, Urochs. Der Untergrund ganz allgemein geschliffen und gesetzmäßig geschrammt sowie zu Rundhöckern umgestaltet. In Vertiefungen wird der Till unterlagert von präglacialen Flussschottern und von Kiesen und Sanden, den Absätzen der Gletscherflüsse und -bäche (bis 20 m mächtig).

In ganz entsprechender Weise gliedert sich das Glacialdiluvium Englands und Irlands wie folgt:

6. Grund- und Endmoränen in den Gebirgsgegenden, zuletzt auf die Thäler beschränkt.
5. Interglacialie Kiese und Sande, marine Ablagerungen mit arktischer Fauna.
4. Upper boulder clay mit Einlagerungen von Sand, Kies und Thon.
3. Middle sands and gravels, interglacial; marin, bis zu über 400 m Meereshöhe mit *Cyprina islandica*, *Astarte arctica*, *Tellina baltica* u. a.
2. Lower boulder clay, mit stark gestauchten Einlagerungen von Kies und Sand.
1. Glacialthone mit arktischer Flora, z. B. *Salix polaris*; — dann solche mit *Leda myalis*, zu unterst das Forest-bed von Cromer S. S. 703, und endlich der Weyborne Crag mit arktischer Fauna.

3. Das alpine Glacialgebiet.

Auch das Alpengebirge war während der Glacialperiode wiederholt und zeitweilig völlig vereist, so dass nur noch seine höchsten, mit Firn und Schnee bedeckten Gipfel aus der einheitlich verschmolzenen, allgemeinen, bis über 1000 m mächtigen Eisdecke hervorragten. Es bildete einen Herd, von welchem aus nach allen Seiten Gletscher ausströmten. Dieselben folgten meist den Thälern und drangen aus diesen nach Süden zu bis in die lombardische Ebene vor, füllten nach Westen zu die weite Einsenkung zwischen Alpen und Jura aus und erstreckten sich auf der Nordseite bis weit nach Schwaben und Bayern hinein, um während des Höhepunktes der Vergletscherung auch hier zu einer den ganzen Nordfuß der Alpen umgürtenden, bis 70 km breiten, allgemeinen Decke zu verschmelzen, während ihre Entwicklung nach Osten zu immer geringfügiger wurde, so dass sie hier bereits innerhalb der Alpenthäler selbst ihr Ende fanden.

Aus dem Studium der schweizer Glacialerscheinungen*), also der Gletscherschliffe, Moränen und Wanderblöcke geht hervor, dass letztere und

*) A. Favre. Carte des anc. glaciers de la Suisse, und Carte du phén. erratique et des anc. glaciers du versant nord des Alpes suisses. Genf. 1884. — A. Penck, Ed. Brückner, L. du Pasquier. Le Système glaciaire des Alpes. Neuchâtel. 1894. — A. Baltzer. Der diluviale Aargletscher. Bern 1896.

somit auch die sie transportierenden Gletscher aus dem Arvethal, dem Rhönethal, Aarthal, Reußthal, Linththal und dem Rheinthal hervorgetreten sind und sich in den ebenen Teilen der Schweiz ausgebreitet haben. Die Blöcke des Arvethales stammen von dem westlichen Abhange der Mont Blanc-Kette und von den Bergen oberhalb Sallanche; sie erfüllen das Arvethal von Chamouny an und steigen auf dem Rücken des Salève bis zu 1000 m Meereshöhe. Die Moränen des Rhönegletschers finden sich über die ganze Gegend von Genf und Solothurn zerstreut, so dass ihr dortiges Verbreitungsgebiet die Gestalt eines die ebenen Teile von Genf, Freiburg und Neuenburg, sowie Partien von Bern, Solothurn und Aargau bedeckenden Fächers besitzt, dessen Spitze in der Rhönethalmündung liegt. Die vereinten Arve- und Rhönegletscher füllten den Genfer See aus, stauten sich am Juragebirge auf und ergossen sich, von hier als gewaltiger Eisstrom abfließend, in südwestlicher Richtung in das Rhönethal bis Lyon. Die Blöcke des Aarthales stammen aus dem Massive der Berner Alpen zwischen Gotthard und Simmenthal und bedecken den deutschen Teil des Kantons Bern. Die des Reußthales sind dem Gotthard und den Seitenthälern des Reußthales entführt und bedecken namentlich das Becken des Vierwaldstätter Sees. Rhône-, Aar- und Reußgletscher erfüllten die ganze weite Ebene zwischen Alpen und Juragebirge und drangen stellenweise selbst noch über den Kamm des letzteren vor. Der Rheingletscher kam aus Graubünden und Vorarlberg, teilte sich an dem wie eine Klippe vorspringenden Sporne der Appenzeller Gebirge in zwei Ströme, deren einer über den Wallenstädter See und vereint mit dem Linthgletscher über Uznach und den Züricher See vordrang, während sich der andere von Rorschach aus über den Thurgau und das ganze Gebiet des Bodensees ergoss und sich weit nach Schwaben hinein bis zur Donau erstreckte*).

In der Schweiz heben sich somit die oben aufgezählten Hauptgletscher, welche den großen Stammthälern folgten, scharf von einander ab, in den nordtiroler und oberbayerischen Alpen hingegen waren die zahlreichen Längs- und Querthäler, wie sie namentlich die nördlichen Kalkalpen in einzelne Berggruppen auflösen, bis zu einer Höhe von über 1500 m von einem zusammenhängenden Netze von Eisströmen erfüllt, welche auf möglichst directem Wege das Gebirge zu verlassen strebten, um sich noch weit über die bayerische Hochebene zu erstrecken**). Sich bei ihrem Austritte

*) A. Penck. Der alte Rheingletscher. Jahresber. d. geogr. Ges. in München 1886. Heft 11.

**) A. Penck. Die Vergletscherung d. Deutsch. Alpen. Leipzig 1882. — E. Brückner. Vergletscherung des Salzachgebietes. Geogr. Abhandl. Bd. I. Heft 1. Wien 1886. — A. Böhm. Die alten Gletscher der Enns u. Steyer. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. Wien 1885. Bd. 35. Heft 3. S. 429.

aus den Alpenthälern fächerförmig ausbreitend, vereinigten sie sich wieder zu einer einheitlichen Eisdecke. Vor den Hauptaustrittspunkten der Gletscherströme, aus denen letztere hervorgegangen, schob sich dieselbe in gewaltigen, bogenförmigen Zungen weit in das Vorland vor, um nach ihrem Abschmelzen typische, seenreiche Moränenlandschaften und zusammenhängende Züge von Endmoränen zurückzulassen, die bis nördlich von Kempten, Kaufbeuren, vom Ammersee, Schäßlarn bei München, Wasserburg am Inn und Burghausen an der Salzach reichen. So schloss sich denn nach Osten zu an den Rheingletscher und mit diesem verschmelzend zuerst der Illergletscher und an diesen der Lech-, Isar-, Inn-, Chiem-, Salzach- und der Enns-gletscher an, welcher letztere jedoch das Alpenvorland nicht mehr erreichte, wie denn überhaupt die Gletscher im ganzen östlichen Teile der Alpen eine verhältnismäßig nur schwächliche Entwicklung erlangten. Der bedeutendste derselben war der dem Thale der Drau von W nach O folgende Draugletscher.

Auch auf der Südseite der Alpen haben sich während der Eiszeit Gletscher aus dem Hochgebirge bis zum Fuße derselben, bis zur lombardischen Ebene hinabgezogen und nach ihrem Verschwinden mächtige Anhäufungen von Moränenschutt zurückgelassen*). Jedoch erreichten diese Eisströme Norditaliens bei weitem nicht die räumliche Ausdehnung wie diejenigen der Nordseite der Alpen, vereinigten sich also nicht wie diese zu einem den Südfuß der Alpen umgürtenden Eispanzer, übertreffen sie hingegen ebenso viel durch die Mächtigkeit der Schuttablagerungen, die sich meist in Gestalt gewaltiger amphitheatralischer Moränenwälle von bis zu 650 m Höhe quer vor den größeren Thalmündungen des Südrandes der Alpen hinziehen, so bei Ivrea, wo die Dora Baltea in die Ebene tritt, am Südende des Lago Maggiore, sowie des Comer Sees und des von Iseo. Fast überall wiederholen sich hier mehrere bogenförmige Endmoränen concentrisch hinter einander, getrennt von oft sumpfigen Flächen mit Wasserlachen. Das Moränen-Amphitheater von Como besteht aus drei solchen ungefähr concentrischen Wällen. Die Endmoräne von Andrate (Ivrea) erhebt sich 650 m hoch über ihre Umgebung. Es sind dies gewaltige Gletscherbauten, mit denen sich diejenigen auf der Nordseite der Alpen an Größartigkeit nicht messen können. Auch das ganze Hügelgebiet, welches das südliche Ende des Garda-Sees umgiebt, ist nichts als eine gewaltige Anhäufung von Moränenschutt. Dieser verdankt seinen Ursprung einerseits dem über Arco herabkommenden, über 700 m mächtigen Sarca-Gletscher, welcher, das nur etwa 200 m tiefe Becken des Garda-Sees ausfüllend, über dieses bis in die Po-Ebene vordrang, anderseits einem Gletscher des Etsch-

*) L. Rütimeyer. Über Pliocän und Eisperiode auf beiden Seiten der Alpen. Basel 1876.

thales, welcher sich über Meran und Bozen bis in die Po-Niederung ausdehnte und in den Rundhöckern der unteren Thalgehänge, welche in so schroffem Gegensatze zu den wild-zackigen Spitzen der höheren Berggipfel stehen, ferner in den Gletscherstreifen und -furchen auf Schlißflächen, sowie in den gewaltigen Gletscherschuttmassen die deutlichsten Spuren zurückgelassen hat*). Die enorme Ausdehnung und Mächtigkeit des Etsch-Gletschers geht aus der Großartigkeit dieser Gletscherspuren hervor, reichen doch die Rundhöcker bis zu einer Höhe von etwa 1500 m über die Thalsohle.

Dass die Vergletscherung der Alpen und ihres Vorlandes von mehrfachen sehr lang dauernden Rückzügen des Eises, und zwar von 2 interglacialen Zwischenzeiten, unterbrochen war, welchen ein erneutes Vordringen des letzteren folgte, wird bewiesen 1) durch die z. T. intensive Verwitterung, welche die älteren Glacialgebilde vor Eintritt jeder neuen Vergletscherung erlitten haben; 2) durch sehr beträchtliche Erosionen, welche sich zwischen je zwei Moränenablagerungen vollzogen haben; 3) durch intermoränale Einschaltung von Kiesen, Sanden, Thonen und Kalktuffen mit Tier- und Pflanzenresten eines gemäßigten Klimas oder selbst von Torf und Schieferkohlen. Solche interglaciale Kohlenbildungen sind bekannt in der Nordschweiz bei Utznach und Dürnten am Züricher See, bei Mörschwyl am Bodensee, am Thuner See, in den allgäuer Alpen bei Sonthofen. Die Pflanzen, welche diese Schieferkohlen zusammensetzen, weisen nach Heer auf ein mildes, dem heutigen ähnliches Klima jener Interglacialzeiten hin. Die ebenfalls interglaciale Höttinger Breccie der Innsbrucker Gegend (ein zwischen zwei Grundmoränen eingeschalteter, durch Kalksinter verfestigter Gehängeschutt enthält nach Wettstein eine Flora, in der sich zu heutigen nordtiroler Pflanzen eine Anzahl heute in der Gegend des Schwarzen Meeres vorkommender Gewächse (namentlich *Rhododendron ponticum*) gesellen, welche auf ein milderes Interglacialklima hinweisen. Auch die interglacialen Blättermergel und -thone am Iseo- und Luganer See führen nach Baltzer eine Flora von z. T. pontischem Charakter.

Die zweite und dritte Vergletscherung der Alpen erreichten die Ausdehnung der ersten nicht ganz, so dass die von ihnen zurückgelassenen Moränen um die Alpen einen dreifachen, einen äußeren älteren und 2 innere jüngere Gürtel bilden.

Jede dieser 3 verschiedenalterigen Gruppen von Moränen wird von einer gleichzeitig durch die Schmelzwasser producierten Ablagerung von fluvioglacialem Schotter begleitet. Wo nun während jeder der zwei

* C. W. Gumbel. Über Gletscher-Erscheinungen im Etsch- und Innthale. Sitzber. d. Akad. d. Wiss. München. Juli 1872, S. 223. — R. Lepsius. Das westl. Sud-Tirol. Berlin 1873. S. 139.

Interglacialzeiten die älteren dieser Schotterdecken von Thälrrinnen durchschnitten wurden, dort bilden die jüngeren Schotter innerhalb der letzteren 2 Terrassen, von denen die tiefst liegende die jüngste ist. Man unterscheidet demnach 3, den drei Vergletscherungen entsprechende Schotterterrassen: 1) den ältesten, deshalb am meisten durch Erosion mitgenommenen Deckenschotter, 2) den Hochterrassenschotter und 3) den jüngsten Niederterrassenschotter.

Nach Obigem gliedert sich das alpine Diluvium wie folgt:

Dritte Vergletscherung: Innere Moränen und Niederterrassenschotter;

Zweite Interglacialzeit: Löß, Schieferkohlen von Utnach u. s. w. mit *Elephas antiquus* und *Rhinoceros Mercki*; Kalktuff von Schaffhausen, Blättermergel am Luganer und Iseo-See, Höttinger Breccie. Zu unterst Glacialthon von Schwarzenbach mit *Salix polaris*, *Betula nana* und polaren oder hochalpinen Pflanzen (Nathorst).

Zweite Vergletscherung: Äußere Moränen- und Hochterrassenschotter.

Erste Interglacialzeit: Schichten mit *Elephas meridionalis*.

Erste Vergletscherung: Deckenschotter (diluviale Nagelfluh), local mit gekritzten Geschieben und mit Grundmoräne.

Außer dem Inlandeise, welches fast ganz Norddeutschland, ferner Britannien, die Alpen und deren Vorlande, also den größten Teil Europas bedeckte, erzeugten auch noch viele **Mittelgebirge** während der Glacialzeit Gletscherströme von z. T. nicht unbeträchtlichen Dimensionen. Hierher gehören in erster Linie die Pyrenäen*) (u. a. mit dem Argelès-Gletscher von 52 km und dem Garonne-Gletscher von 70 km Länge und 700 m Maximaldicke), ferner die Sierra Nevada und Sierra Guadarrama in Spanien, Corsica, Teile des nördlichen Apennin, das französische Centralplateau, der Jura, die Vogesen, der Schwarzwald, nach Lepsius, Chelius und Klemm auch der Taunus und Odenwald, ferner das Erzgebirge, das Riesengebirge, die Hohe Tatra**), der Kaukasus, der Timan und der nördliche Teil des Ural (Nikitin). Ebenso bildeten die Fär Öer ein selbständiges Glacialgebiet mit radiärer Gletscherbewegung.

4. Das nordamerikanische Glacialgebiet.

Auf dem nordamerikanischen Continente finden sich Glacialablagerungen in ganz Canada, von wo aus sie sich über Neu-England, New-York

* A. Penck. Eiszeit in den Pyrenäen. Mitt. d. Ver. f. Erdkunde. Leipzig 1883.

**) J. Partsch. Die Gletscher d. Vorzeit i. d. Karpathen u. Mittelgebirgen Deutschlands. Breslau 1882. — Ders. Die Vergletscherung des Riesengebirges. Stuttgart 1894.

und Long-Island, Michigan, Wisconsin und Minnesota bis jenseits des Mississippi ausdehnen und nach Süden zu bis nach New-Jersey, in das südliche Pennsylvania, Ohio, Indiana, Illinois und Iowa, als ungefähr bis zum 39. Breitengrade reichen. Das nordamerikanische Inlandeis erstreckte sich somit mehr als 1000 km weiter nach Süden, als das entsprechende nord-europäische, nämlich bis in die Breite von Sicilien. Auch innerhalb dieses Glacialgebietes lassen sich Moränen- und Glacialschutt-Ablagerungen einer älteren und mindestens einer zweiten Invasion des Eises unterscheiden, von denen die ersteren (entsprechend dem deutschen unteren Geschiebelehm)



Fig. 591. Das nordamerikanische Glacialgebiet mit seinen Endmoränen.
Nach T. C. Chamberlin.

weiter nach Süden reichen als die letzteren und welche durch Interglacial-sande und -thone mit Pflanzenresten und Süßwassermollusken von einander getrennt sind. Der südliche Rand dieser jüngeren Glacialablagerungen wird durch eine mannigfaltig gegliederte und geformte, großartige Endmoräne markiert, ist vielfach ein- und ausgehuchtet, läuft vom heutigen Baltimore aus in westlicher Richtung bis zum Mississippi und wendet sich dann nordwestlich durch Dakota in das britische Nordamerika, um hier die Rocky Mountains entlang wieder nach Süden umzubiegen. Innerhalb des äußeren, also älteren Glacialgürtels liegt südlich vom Lake Superior eine etwa 350 km lange und bis 180 km breite, trotz ihrer tiefen Lage eisfrei gebliebene

»Driftless Area«^{*)}. Die von diesen Eisdecken zurückgelassenen Glacialablagerungen und zwar namentlich der Boulder clay (die alte Grundmoräne) beschränken sich nicht auf das Flach- und Hügelland, sondern steigen z. B. in Neu-England am Mt. Washington und an den Green Mountains bis über 1700 m hoch. Alte Flussthäler werden von ihnen vollkommen ausgefüllt, so dass die Flüsse nicht selten aus ihrem früheren Lauf vollständig verdrängt wurden, wie dies z. B. beim Niagara geschehen. An zahllosen Stellen machen sich Frictionserscheinungen in großartiger Weise geltend. Ausgedehnte Gesteinsflächen sind spiegelglatt geschliffen, dann fein gestreift und tief gefurcht worden. Die Oberfläche gewisser Quarzitkuppen am Oberen See ist so glatt, dass das Gehen auf dem nackten Fels beschwerlich fällt. Jedoch ist diese Polierung nur auf die nördlichen Abhänge und auf die Gipfel der Hügel, also auf die Stoßseite derselben beschränkt, während die südlichen Abfälle rau und zackig geblieben sind. Über jene geschliffenen Nordabhänge ziehen sich bis fußtiefe und -breite Schrammen, oft eine neben der anderen hin.

Auf die aus Boulder clay, Sanden, Granden und erratischen Blöcken bestehenden nordischen Glacialgebilde Nordamerikas folgen in den östlichen Teilen Canadas und der Vereinigten Staaten marine Ablagerungen, nämlich arktische Ledathone, welche bis zu Höhen von 200 m ansteigen, und Sande mit Saxicava, — im Innern des Continentes hingegen Grande und lockerer Glacialschutt (entsprechend unserem Geschiebedecksande) und großartige Terrassensysteme, welche die Thäler begleiten und die Seen umgürten. Die jung- und postglacialen Ablagerungen der Diluvialzeit werden als Champlaininformation bezeichnet.

Die Rocky Mountains und die Sierra Nevada bildeten außerdem selbständige Vergletscherungsherde.

Diluviale Kalktuffe, Knochenhöhlen, Löfs und Schotter. Die Gesteinsbildungen der Diluvialzeit auf den nicht oder nicht mehr mit Eis bedeckten Landstrichen bestehen aus Kalktuffen, Torf, Knochen führenden Ablagerungen in Höhlen und Spalten, Flussskiesen und -leimen nebst dem Löß.

Diluviale Kalktuffe finden sich beispielsweise bei Burgtonna, Mühlhausen, Weimar und Taubach in Thüringen, wo sie flache und schluchtartige Einsenkungen im Muschelkalk in horizontalen Bänken ausfüllen und z. T. auf altem Glacialschotter auflagern. Gewisse Schichten derselben sind voll incrustierter Blattabdrücke von Scolopendrium, sowie von Pappeln,

^{*)} Über die nordamerikan. Glacialerscheinungen siehe namentlich: Chamberlin u. Salisbury. VI. Ann. Rep. U. St. geol. Surv. Washington 1886. S. 199; — Chamberlin. VII. Ann. Rep. Washington 1888. S. 450, und Journ. of Geol. III. S. 270. Chicago 1895.

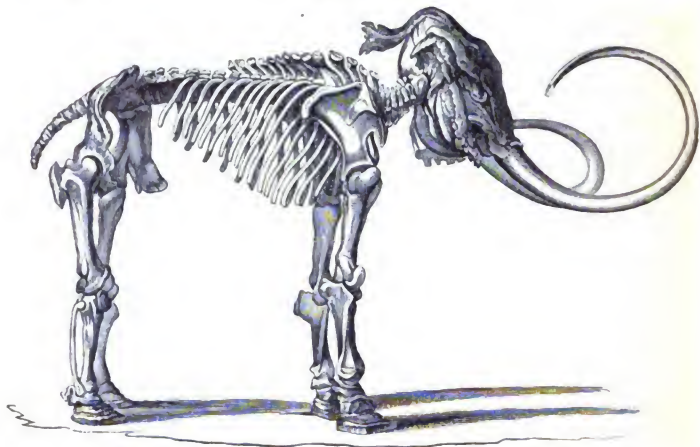


Fig. 592. Das Mammut, *Elephas primigenius* Blumenb.; vollständiges Skelet.



Fig. 593. Backenzahn von *Elephas primigenius*. Kaufläche.



Fig. 594. *Ursus spelaeus* Rosenm.; Schädel von der Seite.



Fig. 595. *Bos primigenius* Boj.

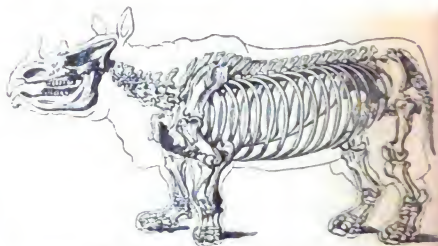


Fig. 596. *Rhinoceros tichorhinus* Fisch.
(*Tichorhinus antiquitatis* Blum.)

Diluviale Säugetiere.

Eichen, Buchen, Linden und Weiden, nebst Pinus- und Erlenzapfen, endlich von zum Teil dicht an einander stehenden Rohrstengeln von *Phragmites communis*. Mit ihnen finden sich Skeletteile, Zähne und Geweihstücke von *Cervus elaphus fossilis*, *Ursus spelaeus* (Fig. 594), *Equus caballus fossilis*, *Sus scrofa ferus*, *Elephas antiquus* und *primigenius* (Fig. 592 u. 593), *Rhinoceros Mercki* und *tichorhinus* (Fig. 596), ferner Vogelreste, sowie die Schalen von *Helix tonnensis*, *H. canthensis*, *Belgrandia marginata*, *Zonites praecursor*, von *Planorbis* und *Limnaeus* in z. T. außerordentlicher Menge. Ähnliche altdiluviale Süßwasserkalke sind bei Cannstatt in Württemberg bekannt.

Die Reste der oben genannten Säugetiere, namentlich aber von *Elephas antiquus* und *primigenius*, *Rhinoceros Mercki* und *tichorhinus* finden sich auch in den Kiesen des Interglacialdiluviums von Nordeuropa (siehe S. 720. und 724).

Im Kalktuff und Lehm unter den alten Torfmooren Englands und Irlands und in diesen selbst finden sich außerdem zum Teil vollständig erhaltene Skelete des irischen Riesenelenns (*Megaceros hibernicus* = *Cervus euryceros*), das bis zur Spitze seines Geweihes 3—4 m misst, während dieses letztere 2,7 m spannt. Wie in Britannien, so umschließen auch die interglacialen Torflager (Schieferkohle) von Utznach, Dürnten und anderen Orten der Nordschweiz nach Heer neben den Überbleibseln der jetzigen Rottanne, Föhre, Lärche, Eibe, Birke, Eiche und des Bergahorns Reste von *Elephas antiquus*, *Rhinoceros Mercki*, *Bos primigenius* (Fig. 595), *Cervus elaphus* und *Ursus spelaeus*. Ebenso finden sich in dem Complexe von Torflagern und Thonen bei Klinge unweit Kottbus Fichte, Kiefer, Birke, Erle, Weide, Hainbuche, Hasel, Linde und Stechpalme als Waldbäume, ferner die Samen und Früchte von Wasserpflanzen, so von *Cratopleura* und *Folliculites* (*Stratiotes*), endlich Skeletteile von *Rhinoceros*, *Elephas*, Renntier, Biber, Elch und *Megaceros Ruffii**).

In den **Knochenhöhlen** sind Säugetierreste oft massenhaft angehäuft. Die meisten dieser Höhlen sind in Gegenden gelegen, deren Untergrund wesentlich von Kalksteinen und Dolomiten zusammengesetzt ist. Sie bestehen der Mehrzahl nach aus verschiedenen, mehr oder minder großen, zusammenhängenden Räumen, welche durch enge, zum Teil fast senkrechte Kanäle mit einander verbunden sind (Fig. 597). Der Boden dieser Höhlen ist von rötlichem, sandigem Lehm mit Säugetierknochen bedeckt. Darüber folgt eine schützende, die Erhaltung der Knochen bedingende Decke von Kalksinter, welcher außerdem zuweilen auch noch die Knochenbruchstücke zu einer Breccie zusammenkittet. Die Knochen und Koprolithen der verschiedensten Tiere liegen meist in größter Unordnung durch einander und sind nicht selten dicht auf einander gepackt.

* A. Nehring. N. Jahrb. 1895 I. S. 453.

In Deutschland sind es vor allem der fränkisch-schwäbische Jura mit seinen Dolomiten, ferner das harzer und das westfälisch-rheinische Mitteldevon, welche derartige Knochenhöhlen bergen, so ersterer z. B. die Muggendorfer, Gailenreuther, Hohlfeiser und Charlotten-Höhle, der Harz die



Fig. 597. Senkrechter Durchschnitt der Gailenreuther Höhle in Franken.

Baumanns- und Hermannshöhle, Westfalen z. B. den Hohlenstein und die Dechenhöhle. In ihnen sind namentlich die Reste von *Ursus spelaeus* zu Hunderten angehäuft, so dass z. B. der Gailenreuther Höhle Überbleibsel von über 800 Individuen entnommen worden sind, während die Charlotten-

Höhle bei Hürben nur Skeletteile von *Ursus priscus* birgt. Neben Bären, aber freilich an Menge weit zurückstehend, kommen Skeletteile von *Hyaena spelaea*, *Felis spelaea*, *Canis spelaeus*, sowie solche von *Rhinoceros*, *Cervus*, *Bos* u. a. vor.

Die englischen Knochenhöhlen, deren berühmteste die von Kirkdale unweit York, die bei Bristol und die Kentshöhle bei Torquay sind, enthalten, abweichend von der großen Mehrzahl der deutschen, namentlich die Skelete von Hyänen (*Hyaena spelaea*), während die von Bären und anderen Tieren stark zurücktreten. In der Kirkdalehöhle waren solche von über 300 Hyänen des verschiedensten Alters, neben ihnen große Quantitäten ihrer Excremente, die Reste des Elefanten, Tiger, Bär, Wolf, *Rhinoceros*, *Hippopotamus*, Büffel, Hirsch enthalten. In ähnlicher Weise herrscht übrigens die Hyäne in der Irpfelhöhle bei Giengen in Schwaben, im Hohlenstein in Westfalen, sowie in der Lindenthaler Höhle bei Gera vor den Bären und anderen Säugetieren stark vor.

In den Höhlen im Süden Frankreichs ist eine dritte, von der englischen und deutschen abweichende Fauna begraben, indem sie außerordentlich massenhafte Anhäufungen von Knochen und Geweihen des Renntieres bergen. Ganz analoge Vorkommen sind die Knochenbreccien der am Mittelmeer gelegenen Länder. Sie füllen Spalten der dortigen Kalkgebirge aus und sind von Gibraltar bis nach der Südspitze Griechenlands, sowie auf Corsica, Sardinien und Sicilien an zahllosen Punkten bekannt. Sie bestehen aus einer rötlichen Kalkmasse mit Landschnecken und schneeweißen Knochen von Dickhäutern, Wiederkäuern und Nagetieren, unter denen neben *Rhinoceros*, *Elephas* und *Hippopotamus* namentlich *Lagomys Sardus*, dessen Verwandte jetzt nur noch in Sibirien leben, in erstaunlicher Menge auftritt.

Der Löss (s. S. 263) ist innerhalb der weiten Flusswannen, auf den Abdachungen vieler Gebirge und Höhenzüge, sowie auf flachen Plateaus und in seichten Becken während der Diluvialzeit zur Ablagerung gelangt. Er besteht aus einem außerordentlich feinkörnigen Accumulat von vorwaltenden Quarzkörnchen, nebst minimalen Partikeln von Feldspäten und Glimmer, die eine so geringe Consistenz besitzen, dass das Gestein mehlartig abfärbt und im Wasser zerfällt. Er hat eine lichtgelblichbraune Farbe, ist von Wurzelröhrchen durchzogen, bildet senkrechte Abstürze, ist meist vollkommen ungeschichtet, zeichnet sich durch seinen Kalkgehalt aus und führt dann eigentümlich gestaltete Mergelconcretionen, die Lößmännchen, und neben diesen gewöhnlich Gehäuse von Landschnecken, sowie Knochen von Säugetieren, nämlich von *Elephas*, *Rhinoceros* und einer Anzahl typischer Steppenbewohner (s. S. 740). Die Landschnecken sind Species der Geschlechter *Helix*, *Pupa*, *Clausilia*, *Buliminus*, *Limax*, *Vitrina*;

unter ihnen sind *Pupa muscorum* (Fig. 598), *Succinea oblonga*, *Helix hispida* (Fig. 599) die häufigsten und bezeichnendsten. Eine sehr große Ver-



Fig. 598. *Pupa muscorum* Lin.



Fig. 599. *Helix hispida* Lin.

breitung hat der Löß im Rhein- und Donauthale sowie in den Thälern des Mains und Neckars, deren Fruchtbarkeit er wesentlich bedingt und wo er z. T. in einer Mächtigkeit von 10–15, ja 30 m auf den Kies- und Geröllablagerungen der Thalgehänge aufrucht, und durch zahllose Hohlwege in fast senkrechten Wänden entblößt ist. Auch an den Thalgehängen der Elbe in Sachsen, namentlich aber im nördlichen Böhmen, ferner an der Neiße, Mulde, Saale, Unstrut und Werra, sowie auf den angrenzenden oder zwischengelegenen Plateaus ist Löß zur Ablagerung gelangt, beschränkt sich also hier auf die Landstriche südlich von dem Verbreitungsgebiete der zweiten Vergletscherung. Dasselbe gilt von den Thälern der Oder und Weichsel, an deren Gehängen er bis zu 400 m Meereshöhe emporsteigt und Zonen bildet, welche z. B. bei Oswiencim fast 3 Meilen Breite erreichen können. Von Oberschlesien zieht er sich nach Polen hinein, wo er bei Sandomir eine Mächtigkeit von 30 m besitzt. Meist lagert hier der Löß auf Kies-, Sand- und Schotterablagerungen auf, welche von den Flüssen der Diluvialzeit z. T. hoch über ihrem jetzigen Strombette zurückgelassen worden sind, steigt aber von hier aus die Gehänge der Thalwannen hinauf bis auf die benachbarten Plateaus und Hügelländer. Sehr gewöhnlich ist hier die Erscheinung, dass er sich an die Unebenheiten des Untergrundes nur einseitig und zwar an deren der herrschenden Windrichtung abgewandten Abhängen, also im Windschatten anlegt, während er an der der wegwehenden Wirkung des Windes ausgesetzten Thalwandung oder Hügelflanke fehlt oder nur geringe Mächtigkeit besitzt*).

Im Rheinthale unterscheidet man mit Schumacher, Steinmann, Leppla, Lepsius, Chelius u. a. einen jüngeren und einen älteren Löß, welche bei gleichförmiger Aufeinanderlagerung durch fluviatile Gebilde,

*) Siehe S. 263. Ferner A. Jentzsch. Über den Löß. Zeitschr. f. d. ges. Naturw. 1872. Bd. VI. S. 38. — E. Tietze. Jahrb. d. k. k. geol. Ra. 1877. S. 344. — F. Wahnschaffe. Quartärbildungen d. Umgegend von Magdeburg. Berlin 1885. S. 65. — Die Lößart. Bildungen etc. Z. d. D. geol. Ges. 1886. S. 353. — Beitrag zur Lößfrage. Jahrb. d. k. pr. geol. La. 1889. S. 328. — A. Sauer. Aol. Entsteh. d. Löß am Rande d. norddeut. Tiefebene. Z. f. Naturw. Halle a S. 1889. S. 1. — A. Leppla. Zur Lößfrage. Geogn. Jahreshefte II. Kassel 1889. S. 476. Siehe ferner die Litteratur über das Rheinische Diluvium.

nämlich durch Sandlöß (einen geschichteten, sandigen Löß mit Süßwasserconchylien), durch Sande und Kiese, humose Schwemmlehme oder durch z. T. mächtigen Verwitterungslehm von einander getrennt werden. Die Bildung des älteren Lößes vollzog sich in der zwischen die zweite und dritte Vergletscherung der Glacialgebiete fallenden Interglacialzeit, — diejenige des jüngeren Löß folgte meist erst auf die dritte Vergletscherung.

Diluviale Flussschotter. Den 3 Vergletscherungen der Gebirge entsprechen, wie S. 730 gezeigt, 3 fluvioglaciale Schotterstufen. Dieselben setzen in die aus jenen Gletscherherden entspringenden Thäler, z. B. dasjenige des Rheines, der Elbe, der Neiße als fluviale Absatzproducte der 3 niederschlagsreichen Glacialabschnitte fort, und pflegen die alluvialen Thälauen als freilich vielerorts unterbrochene, breitere oder schmalere Schotterterrassen zu begleiten, und zwar zu unterst als Niederterrasse und oberhalb dieser als Hochterrasse, während die ältesten Schotter entweder als lappenförmige Schollen die den Thälern benachbarten Höhen als Deckenschotter krönen, oder die Thalsysteme in einiger Entfernung umsäumen oder aber unter der Hoch- und Niederterrasse begraben liegen.

Als charakteristisches Beispiel für die Gliederung des Diluviums der großen Stromthäler Centraleuropas mag an dieser Stelle angeführt werden *): **das mittelhheinische Diluvium nach Lepsius, Chelius und Klemm.**

5. Schotter, Sande und Lehme der Niederterrasse, Äquivalent der dritten Eiszeit.

4. Jüngerer Löß, nur mit Landconchylien; Lößsand, sandiger Grus oder Kies mit Land- und Süßwasserconchylien. Älterer Löß, nur mit Landconchylien. In der Rheinebene Flugsande und Dünen.

3. Moränen der Haupteiszeit im Taunus, Odenwald, an der Bergstraße, im Schwarzwalde. Als deren fluviale Äquivalente Hochterrasenschotter mit *Elephas primigenius*.

2. Mosbacher Sande: bei Darmstadt bis 400 m mächtig; bis 120 m über den Rheinpegel aufsteigend; in der Rheinebene mit den ersten alpinen Gerölln; namentlich bei Mosbach mit *Felis spelaea*, *Ursus spelaeus*, *Hippopotamus major*, *Rhinoceros Mercki*, *Elephas antiquus* und *primigenius*, *Cervus tarandus*, *Bos primigenius*, *Equus caballus*, *Arctomys marmotta*; reich an

*) Hauptlitteratur über das Rheinische Diluvium: L. du Pasquier. Die fluvioglacialen Ablagerungen der Nordschweiz. Bern. 1891. — G. Steinmann. Pleistocän und Pliocän in d. Umgeb. v. Freiburg i. B. Mitt. d. großh. Bad. La. 2. 4. Heidelberg 1890. — Ders. Gliederung des Pleistocän im bad. Oberlande. Ebend. B. II. XXI. 1893. — E. Schumacher. Bildung u. Aufbau d. oberrhein. Tieflandes. Straßburg 1890. S. 184. — Außerdem zahlreiche Aufsätze von Andreae, Chelius, Förster, Kinkelin, Klemm, Leppla, Lepsius, Sauer, Schumacher, Steinmann, Thürach, van Werveke.

Süßwasser- und Landmollusken: *Unio*, *Anodonta*, *Pisidium*, *Valvata*, *Planorbis*, *Limnaeus*, *Succinea*, *Pupa*, *Clausilia*, *Helix*, *Hyalina* in vielen Arten. Interglacial.

4. Ältere Flussschotter und -sande, Taunusschotter, mit scharfkantigen Gesteinsblöcken, bis 400 m über den Rheinpegel ansteigend; Mainische Geröll- und Blocklager; feuerfeste Thone, Kaolinsande und Glasse am Taunus, bei Darmstadt, in der Pfalz. Äquivalent des Deckenschotters, also der ersten Eiszeit.

Ganz analog gliedert sich nach E. Schumacher das Diluvium des Rheinthaales im Unterelsass wie folgt:

5. Jüngerer Löß, zu unterst Sandlöß mit *Elephas primigenius* und *Rhin. tichorhinus*.
4. Niederterrasse (jüngerer Diluvialschotter);
3. Älterer Löß, zu unterst Sandlöß, zu oberst mit einer Culturenschicht;
2. Hochterrasse (mittlerer Diluvialschotter);
1. Älteste Rheinschotter (Deckenschotter) des Sundgaues; weiter nördlich Lehme nur mit Blöcken aus den Vogesen.

Über den allgemeinen Charakter der Fauna Centraleuropas während der Diluvialzeit*). Wie aus der allgemeinen Vergleichung unseres Continents zu erwarten, besitzt die mitteleuropäische Tierwelt der Glacialzeit einen ausgesprochenen arktischen Charakter, welcher sich in der Verbreitung einer Anzahl specifisch nordpolarer Tierformen über ganz Mitteleuropa kundgibt. Zu diesen gehören vor allem: das Renntier (*Rangifer groenlandicus* und *tarandus*), der Moschusochse (*Ovibos moschatus*), der Schneehase (*Lepus variabilis*), der Lemming (*Myodes obensis* und *M. lemmus*), das nordische aller Landsäugetiere, der Halsbandlemming (*Myod. torquatus*), der Eisfuchs (*Canis lagopus*) und der Vielfraß (*Gulo luscus*) sowie die Schneeeule (*Strix nyctea*) und das Moorschneehuhn (*Lagopus albus*).

Auf diese arktische Fauna, die vollkommen mit der Vereisung ihrer Umgebung in Einklang stand, folgte eine charakteristische Steppenfauna,

* A. Nehring. Die quatern. Faunen von Thiede und Westeregeln. Arch. f. Anthropol. Bd. X. S. 359. Bd. XI. S. 4. Braunschweig 1878. — Z. d. D. geol. Ges. 1880. S. 468; — Verhandl. d. Berlin. anthrop. Gesellsch. 1882. H. 4. 11. März; — Kosmos. Bd. VII. 1883. S. 173; — Tagebl. d. 57. Vers. deutsch. Naturf. 1884. S. 457; — Geolog. Magazine 1883. p. 54. — N. Jahrb. 1889. I. S. 66. — Über Tundren u. Steppen d. Jetzt- u. Vorzeit. Berlin 1890. — J. N. Woldrich. Sitzber. d. k. Akad. d. Wiss. Wien. Bd. LXXXII. Juni 1880; — Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanst. 1880. Nr. 45. S. 284. — Ders. Die diluviale europ.-asiat. Säugetierfauna. Mém. Acad. St. Petersburg. 1887. XXXV. — Reste diluvialer Faunen u. d. Menschen aus d. Waldviertel. N. Östr. Denkschr. d. k. Akad. d. Wiss. Bd. LX. Wien 1893.

welche namentlich die nach dem Rückzuge des Eises bloßgelegten, der Waldvegetation noch entbehrenden plateauartigen und flachhügeligen Landstriche bevölkerte und der Tierwelt der jetzigen südwestsibirischen Steppen entsprach. Ihre namentlich im Löß vorkommenden Hauptvertreter sind: *Alactaja jaculus* (Pferdespringer), *Spermophilus altaicus* (Steppenziesel), *Arctomys bobac* (Bobac), *Lagomys pusillus* (Zwergpfeifhase), *Arvicola ratticeps* (nordische Wühlratte), *Arv. gregalis* (sibir. Zwiebelmaus), *Antilope saiga*. Zu ihnen gesellen sich die zwar nicht geradezu für die Steppen charakteristischen, aber doch dort zahlreich lebenden Iltis, Hermelin, Wolf, Wildpferd, Trappe u. a.

Neben allen diesen Charaktertieren unserer heutigen Polar- und Steppenländer wurde Mitteleuropa damals noch bewohnt von *Elephas primigenius* (Mammut), *Elephas antiquus*, *Rhinoceros tichorhinus* (wollhaariges Rhinoceros), *Rhin. Mercki*, *Bos primigenius* (Urstier), *Bison priscus* (Auerochs), *Cervus euryceros* (Megaceros), *Cerv. alces* (Elenn), *Ursus spelaeus* (Höhlenbär), *Ursus arctos*, *Hyaena spelaea*, *Equus caballus fossilis*, *Felis spelaea* u. a. Das gemeinsame Vorkommen von *Rhinoceros* und *Elephas*, welche heute auf die heißen Regionen beschränkt sind, mit echt arktischen Tieren verliert sein Auffallendes, seit man weiß, dass die genannten Dickhäuter ein dichtes wolliges Haarkleid zum Schutze gegen die Kälte trugen, also für den Aufenthalt im kalten Norden besonders eingerichtet waren.

Verlassen wir Europa und werfen einen raschen Blick auf die Diluvial-Faunen anderer Continente. Merkwürdig ist das massenhafte Vorkommen

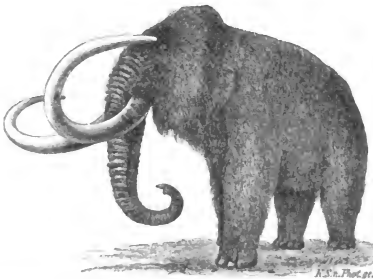


Fig. 600. *Elephas primigenius* Blum. Reconstructiert nach sibirischen Cadavern.

von Skeletteilen des *Elephas primigenius* in Nordsibirien, dessen Diluvialboden von Mammutknochen ganz durchsäet ist, und wo so viele fossile

Stoßzähne gewonnen werden, dass ein sehr bedeutender Teil alles in den Handel gebrachten Elfenbeines von dort stammt, — Beweise dafür, dass jene Gegenden während der Diluvialzeit Haupttummelplätze des Mammuts waren. An der Mündung der Lena wurde im Anfang dieses Jahrhunderts der Cadaver eines Mammuts in dem gefrorenen Boden gefunden. Es maß bis zur Schwanzspitze 5,5 m und war 3,1 m hoch. Seine Haut war von dichtem Haar bedeckt, welches am Halse und auf dem Rücken eine lange, vielleicht bis an die Knie reichende Mähne bildete (Fig. 600); sein Fleisch war so gut erhalten, dass es Wölfen und Hunden zum Fraß diente, sein Schädel enthielt noch Hirnreste und den vertrockneten Augapfel, zwischen seinen Zähnen fanden sich Reste von nordischen Pflanzen, die ihm zur Nahrung gedient hatten. Später tauchte an der Tasbucht der Cadaver eines zweiten, mit Haut und Haar erhaltenen Mammuts aus der gefrorenen Erde infolge des Tauens derselben hervor. Man hat die Zahl der Mammutindividuen, von denen die in den letzten 200 Jahren durch Tauen des Bodens hervorgetretenen und durch die Gewässer ausgewaschenen Skeletteile herführen, auf 20000 geschätzt. Auch der mit Fleisch, Haut und Haaren versehene Cadaver eines zweihörnigen Rhinoceros wurde gegen Ende des vorigen Jahrhunderts in dem gefrorenen Boden Sibiriens gefunden und zum Teil nach Petersburg gebracht. Auf den Neusibirischen Inseln folgen auf eine bis zu 20 m mächtige Eislage (Steineis) gefrorene lehmig-sandige Schichten, welche neben *Betula nana* Cadaver des Mammuts umschließen*).

Aus den Löß-, Kies- und Moorablagerungen des nordamerikanischen Diluvialcontinentes stammen die Reste eines riesigen Mastodons (*Mastodon giganteum*, Fig. 601), von welchem man den Torfmoorasten der Staaten New-York, New-Jersey und der Ufer des Missouri eine Anzahl ganz vollständig erhaltener Skelete entnommen hat. Ihre Höhe beträgt fast 4 m, die Länge ihres Körpers gegen 6 und die ihrer Stoßzähne 4 m; Reste des Magens mit Überbleibseln von unverdauten Pechtanen- und Kieferzweigen fanden sich in dem Raume zwischen den Rippen eines der Tiere. Während das Mastodon namentlich in der nördlichen Hälfte des nordamerikanischen Diluvialcontinentes gelebt zu haben scheint, war die südlichere Partie desselben von *Elephas americanus* bevölkert. Mit ihnen vergesellschaftet kamen gigantische Hirsche, Renntiere, Elenn, Beuteltaschen, Nabelschweine, Bisamochsen, Pferde, Biber, Löwen und Bären, endlich im Süden der Vereinigten Staaten Faultiere (*Mylodon*, *Megalonyx*, *Megatherium*) vor, während einige der gewöhnlichsten europäischen Diluvialformen, wie Rhinoceros, Hippopotamus, Hyäne und Lemming fehlen. Dafür existieren jedoch einige in Europa seit der Tertiärperiode erloschene Gestalten noch fort, so außer dem erwähnten Mastodon namentlich das

*; E. von Toll. Mém. Acad. Imp. St. Petersburg. Ser. VII. T. XLII. No. 43.

Hipparion (s. S. 692). Auffällig ist die Häufigkeit der Pferde im Diluvium Nordamerikas, wo sie durch 6 Species vertreten sind, aber bald ausgestorben sein müssen, da die Ahnen der jetzt in Amerika lebenden Pferde von

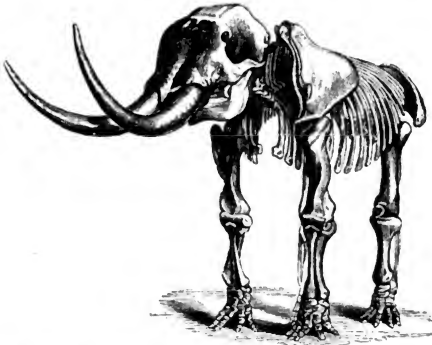


Fig. 601. *Mastodon giganteum*. Aus dem nordamerikanischen Diluvium.

Europa importiert sind, also eine zweite, mit der ersten in keiner Verbindung stehende Pferdefauna repräsentieren. Übrigens lässt die Zusammensetzung der diluvialen Tierwelt Nordamerikas schließen, dass dieser Continent damals in Zusammenhang mit der alten Welt sich befunden habe, woraus sich die gleichwertige Beteiligung des Mammut, Elenntieres, Renn-tieres, Bisamochsen und Pferdes an der beiderseitigen Fauna erklärt, während die nordamerikanischen Faultiere von Süden her eingewandert zu sein scheinen.

Gleichalterige äolische Löße mit eingelagerten fluvialen Sanden, reich an Resten von Säugetieren, bilden die ausgedehnten Ablagerungen der Pampas des Laplata in Südamerika und haben in Columbia, Ecuador, Peru, Bolivia und Chile eine weite Verbreitung*). In der südamerikanischen Säugetierfauna ziehen neben Bibern, Pferden, Tapiren, Lamas, Mastodonten, Wölfen, Panthern und breitnasigen Affen namentlich die riesigen Faultiere (*Megatherium*, *Myodon*, *Megalonyx*) und Gürteltiere unsere Auf-

* H. Burmeister. Die fossilen Pferde d. Pampasformation (nebst Übersicht d. gesamten Säugetierfauna). Buenos Ayres 1875 (auch in Stuttgart). — S. Roth. Entstehung u. Alter d. Pampasformation. Z. d. D. geol. Ges. 1888. S. 375. — W. Branco. Über eine fossile Säugetierfauna von Punin in Ecuador. Paläont. Abhandl. Bd. I. H. 2. Berlin 1883.

merksamkeit auf sich, während die auffälligsten und gewöhnlichen Diluvialtiere Europas, der Elefant, das Rhinoceros und Flusspferd, vollständig fehlen. Das *Megatherium* (Fig. 602) war bedeutend größer, als das Rhinoceros, und übertraf an Masse jedenfalls mehr als hundertfach irgend einen

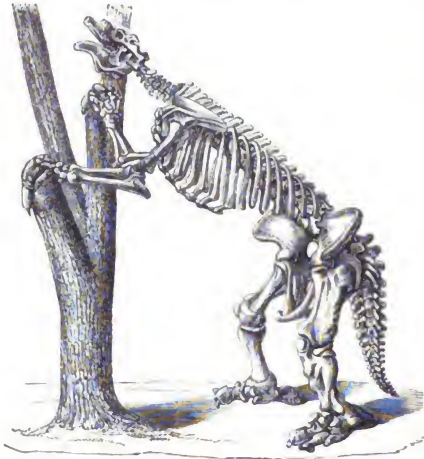


Fig. 602. *Megatherium Cuvieri* Desm. Aus der Pampasformation von Argentinien.

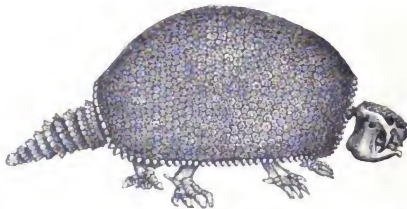


Fig. 603. *Glyptodon reticulatus* Ow. Pampasformation von Argentinien.

der lebenden Vertreter der Edentata; sein Oberschenkelknochen war etwa dreimal so dick, wie der eines Elefanten und zwar nur doppelt so lang als dick; seine Füße waren plump und massenhaft und mit gewaltigen

Krallen bewaffnet, der zur Stütze dienende Schwanz hat eine kolossale Ausbildung erfahren. Im Gegensatze hierzu war der Kopf sehr klein. Aller Wahrscheinlichkeit nach richtete das Riesenfaultier seinen Vorderkörper, indem es sich auf Schwanz und Hinterfüße stützte, in die Höhe und riss mit seinen Vorderfüßen Zweige zu seiner Nahrung herunter. Das Glyptodon (Fig. 603) war ein riesiges Gürteltier. Es besaß, von der Schwanzspitze bis zum Kopfe gemessen, 3 m, sein starrer, nicht zusammenrollungsfähiger, schildkrötenähnlicher Panzer gegen 2 m Länge. Es bewohnten also schon zur Diluvialzeit Faultiere und Armadille denselben Continent, dessen lebende Säugetierwelt durch Faultiere, Gürteltiere und Ameisenfresser ihren so spezifischen Charakter erhält. Haben wir nun bereits oben gesehen, dass einige Faultiere aus ihrer südlichen Heimat nach Nordamerika auswanderten, um jedoch dort bald auszusterben, so stammen umgekehrt die diluvialen Mastodonten, Pferde und Tapire der Pampas aus dem Norden.

In Australien waren die dasselbe in der posttertiären Zeit bewohnenden Säugetiere, gerade wie sie es jetzt sind, ausschließlich Beuteltiere, nur sind ihre heutigen Vertreter Zwerge im Vergleiche mit ihren Vorfahren.

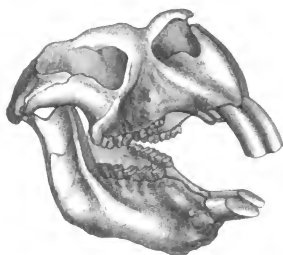


Fig. 604. *Diprotodon australis* Ow. Australien.



Fig. 605. *Dinornis parvus* Ow. Neuseeland.

So war das *Diprotodon* (Fig. 604) so groß wie ein Hippopotamus, sein Schädel allein besaß eine Länge von einem Meter, mit seinen gewaltigen meißelartigen Schneidezähnen konnte es selbst große Bäume zu Falle bringen.

In Neu-Seeland endlich hausten 3 bis 4 in hohe straußähnliche Riesenvögel, die Moas (*Dinornis*, Fig. 605), während Säugetiere eben so wenig wie jetzt vertreten waren. Überall findet das Gesetz der Succession gleicher Typen Anwendung.

Dass der **Mensch** bereits ein Zeitgenosse jener diluvialen Tierwelt und somit ein Augenzeuge wenigstens der letzten Vergletscherung der nördlichen Hemisphäre war, darüber können Zweifel nicht mehr obwalten. Hat man doch in dem Diluvialschotter verschiedener Gegenden, so bei Abbeville, im Thale der Somme, bei St. Acheul unweit Amiens, bei Châtillon sur Seine, bei Prény im Oisethale, bei St. Prest an der Eure, bei Hoxne in England aus Stein angefertigte, aber noch sehr rohe Werkzeuge, also die ersten Spuren der Existenz des Menschen, und in den darüber liegenden Schichten Überbleibsel, namentlich Zähne von *Elephas primigenius*, *Rhinoceros tichorhinus*, *Hippopotamus major* und *Cervus megaceros* gefunden, — und sind endlich an zahlreichen Stellen in Höhlen, im Flusskies, im Kalktuff und Löß Deutschlands, Österreichs, Englands, Belgiens, Frankreichs, Nord- und Südamerikas Spuren der Thätigkeit und Reste des Menschen derartig mit Überbleibseln der Tiere der Diluvialzeit vergesellschaftet vorgekommen, dass eine andere Erklärung als die ihrer gleichzeitigen Existenz nicht möglich ist. Man bezeichnet die Periode der Erdentwicklungsgeschichte, aus welcher jene lediglich aus Stein, Horn und Knochen hergestellten, äußerst rohen, stets gleichgeformten und mit den Resten von diluvialen Tieren vergesellschafteten Waffen und Gerätschaften stammen, als ältere oder diluviale Steinzeit.

Einer der wichtigsten, die Gegenwart des Menschen während der Eiszeit beweisenden Fundpunkte war ein Graben im Torfmoore an der Quelle der Schussen, eines bei der Prämonstratenser Abtei Schussenried südlich von Biberach entspringenden, dem Bodensee zufließenden Baches. Hier hat sich nach Fraas*) folgendes Profil ergeben (Fig. 606): Zu oberst liegt Torf *e*, zum Teil mit viel Kies *f* gemengt, und wird unterteuft von einem 1 bis 2 m mächtigen Lager von weißlichgelbem Kalktuff *c* mit *Pupa muscorum* Nils., *Helix pulchella* Drap., *Helix hispida* Lin., *Clausilia obtusa* Pf. und *Pisidium fontinale* Pf., wodurch sich der Kalktuff als diluvial herausstellt. Von ihm scharf getrennt, zum Teil, nämlich bei *d* über, zum Teil und zwar links bei *b* unter ihm, liegt eine Schicht dunkelbraunen Moores von so vortrefflicher Erhaltung, dass es wie frisch erscheint. Es

*) O. Fraas. Die neuesten Erfunde an der Schussenquelle. Württemb. naturw. Jahresheft. 1867. Heft 4. Siehe auch Archiv f. Anthropologie. 1867. Heft 3. S. 29.

sind lauter nordische und hochalpine Formen, z. B. das lappländische und grönländische *Hypnum sarmentosum* und *groenlandicum*, sowie *Hypnum fluitans* var. *tenuissimum*, jetzt nur alpin und im arktischen Amerika vorkommend. Dieses Moos, welches mit Sand vermischt ist, bildet zusammen

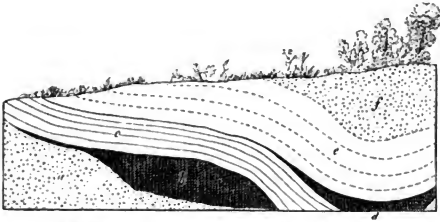


Fig. 606. Profil bei Schussenried. Nach Fraas.

a Kies; b und d Culturschicht von Schussenried; c diluvialer Kalktuff; e Torf; f Kies.

mit einem Haufwerke von Knochen abgeschlachteter Tiere und von Producten menschlicher Kunstfertigkeit die Culturschicht von Schussenried, welche augenscheinlich eine zum Anhäufen der Abfälle der Küche und des täglichen Lebens benutzte Grube in dem darunter liegenden Kiese *a* ausfüllt und eine Ausdehnung von etwa 40 QuadratruTEN und eine Tiefe von 1 bis 2 m besitzt. Mit dem arktischen Charakter der genannten, wohl erhaltenen Moose stimmt der Charakter der tierischen Reste. Weitaus alle übrigen an Menge übertreffend ist das Renntier, während von anderen Hirschen keine Spur vorhanden ist, so wenig wie heute der Edelhirsch mit dem Renntier je zusammen vorkommt. Neben letzterem haben sich bei Schussenried gefunden: Skeletteile des Pferdes, des Vielfraßes (*Gulo spelaeus*), eines nordischen Bären (*Ursus arctos*), des Wolfes, des Eisfuchses und Goldfuchses, des Hasen, des Singschwanes und mehrerer Moorenten. Alles besitzt einen hochnordischen Typus und weist darauf hin, dass zur Zeit der Anhäufung jener Kehrrichtmasse ein Klima geherrscht hat, welches heute unter dem 70. Grad nördl. Breite beginnt und in unseren Breiten an der Grenze des ewigen Schnees und Eises herrscht, dass, mit anderen Worten, die jene Culturschicht bildenden Abfälle aus der Eiszeit stammen. Auch der Mensch lebte damals bereits in jenen Gegenden. Wurden auch noch keine Skeletteile desselben gefunden, so zeigen sich doch Spuren seiner Thätigkeit in den aufgeschlagenen Markröhren und Schädeln der Renntiere und Pferde, in den bearbeiteten Geweihen der ersteren, in den Werkzeugen von Flint, in den vom Feuer geschwärzten Schiefer- und Sandsteinplatten, welche die Stelle der Schüsseln und Pfannen vertraten, in den hölzernen und beinernen Nadeln, in den Knollen von roter Farbe, wie sie

augenscheinlich zum Bemalen des Körpers benutzt wurden. Der Schwaben zur Eiszeit bewohnende Mensch stand auf einer noch sehr niederen Culturstufe, war ihm doch die Benutzung von Metallen noch durchaus ebenso fremd, wie die Töpferei.

Ebenso instructiv wie die Aufschlüsse von Schussenried sind die von Fraas gemachten Funde im Hohlefels im schwäbischen Achthal. Dem Modergrunde dieser Höhle entstammen Feuersteinmesser der ältesten, rohesten Form, an der Wurzel durchbohrte Schneidezähne des Renntieres und des Pferdes, Bärenskelete, zugespitzte Renntiergeweihe, Skeletteile von Elefanten, Rhinoceros, Renntieren, Antilopen und gewaltigen Katzen, welche letztere den Königstiger um $\frac{1}{3}$ seiner Größe übertreffen. Augenscheinlich war die Jagd der Mittelpunkt des Lebens der alten Höhlenbewohner, das Ziel ihrer Jagd aber der Bär und zwar der echte *Ursus spelaeus*. Die Skeletteile dieses über 3 m langen Höhlenbären liefern nun den interessanten Beweis, dass derselbe von Menschen erschlagen und zerlegt wurde. Der Schädel ist stets mit Gewalt zerklopft, der Unterkiefer herausgenommen und als axtartiges Werkzeug benutzt, die markhaltigen Röhrenknochen sind geöffnet, die Wirbel entzwei geschlagen und schließlich sind die Rippen mit großer Sorgfalt zu Pfeilspitzen gespalten. Um die Bärenkiefer zu kurzen, fasslichen Instrumenten und Handwaffen umzugestalten, wurde der aufsteigende Ast derselben weggeschlagen und so eine bequeme Handhabe hergestellt, während der spitze Eckzahn, dessen Eindrücke man in vielen anderen damit bearbeiteten Knochen wiedererkennt, als eigentliche Axt diente. Auch hier liegen also die untrüglichen Beweise des Zusammenlebens des Menschen und der Fauna der Glacialzeit vor.

Zu ähnlichen Resultaten haben nach Zittel und von Dechen die Ausgrabungen in der Räuberhöhle unfern Regensburg und in der Balver Höhle auf der rechten Seite der Hönne geführt. Dort fanden sich in den zum Teil humusreichen, zum Teil mit Kalk- und Sandsteingeröllern gemengten Lehmschichten, welche den Boden der Höhle bedeckten, neben Resten von *Equus*, *Sus*, *Mustela*, *Castor*, *Rangifer*, *Elephas primigenius*, *Rhinoceros tichorhinus*, *Ursus spelaeus*, *Hyaena spelaea*, *Felis spelaea* Bruchstücke roh gearbeiteten Töpfergeschirres, bearbeitete oder verkohlte Knochen- oder Geweihstücke, rohe Werkzeuge aus Kieselschiefer und Feuerstein, bearbeitete Stücke von Kieselschiefer und Sandstein und endlich Holzkohlen.

In Norddeutschland lieferten die interglacialen (Rixdorfer) Kiese bei Berlin (S. 724) eine von Menschenhand bearbeitete Pferde-Scapula (Dames). Aus der Gegend von Wolfenbüttel wies Nehring Feuersteininstrumente und Holzkohlenstückchen neben Skeletteilen des Lemming, Pfeifhasen, Rhinoceros, Elephas, *Hyaena spelaea*, *Felis spelaea* u. a. nach. Viele der größeren Röhrenknochen und der Schädel zeigten sich gewaltsam

zertrümmert*). Ganz ähnliche Resultate ergab die reiche Ausbeute der Lindenthaler Hyänenhöhle bei Gera, der Einhornhöhle bei Scharzfeld am Harz und vieler anderer Höhlen Deutschlands.

In Belgien sind von Dupont in der Umgegend von Namur und zwar in den felsigen Thalgebieten der Maas und ihrer Nebenflüsse gegen 60 Höhlen untersucht worden. Der Kies und Flussschlamm, welcher ihren Boden hoch bedeckte, enthielt außerordentlich zahlreiche, zum Teil von Menschenhand aufgeklopfte Knochen des Höhlenbären, der Höhlenhyäne, des Renttiers, des Mammuts, des Rhinoceros, des Ur und der Gemse, zugleich aber neben zwei menschlichen Skeleten sowie vereinzelt Teilen solcher etwa 24000 behauene Feuersteinwerkzeuge.

Überraschende Proben der Kunstfertigkeit dieser Urbewohner Europas lieferte das Kessler Loch bei Thayngen unweit Schaffhausen, wo man in einer von Kalksinter bedeckten Culturschicht neben zahlreichen Renttierknochen und Feuersteinsplittern auf Rennhorn eingeritzte Zeichnungen von Renttieren und Pferden, sowie Hornschnitzereien auffand, welche die Köpfe des Moschusochsen und des Pferdes darstellen (L. Rütimeyer). Auch am Schweizerbild bei Schaffhausen entdeckte J. Nüesch neben zerschlagenen und angekohlten Knochen des Renttieres, Höhlenbären und Diluvialpferdes, sowie außer mannigfachen Feuerstein-, Knochen- und Hornartefacten auf Knochen- und Kalksteinplatten eingeritzte Zeichnungen des Renttieres, des Mammuts und des Pferdes**).

Ganz ähnliche Kunstproductionen zeigt eine Elfenbeinplatte, welche im Perigord an der Dordogne gefunden wurde (Fig. 607). Auf ihr sind



Fig. 607. Elfenbeinstück mit Zeichnung eines Mammuts.

auf das unverkennbarste mehrere Mammute in vollem Laufe dargestellt; die krummen Stoßzähne und kleinen Ohren, wodurch das Mammut vom Elefanten abweicht, sind getreu wiedergegeben, ebenso die auffallend langen Mähnen, welche am Halse und Bauche bis zu den Knien herabhingen. Auch die Funde von mit Knochen von Flusspferden, Mammuten und Nashörnern

*) A. Nehring. Die quart. Faunen von Thiede und Westeregeln. Braunschweig 1878. — Derselbe. Verhandl. d. k. k. Reichsanst. 1880. Nr. 12. S. 209.

**) Neue Denkschr. d. allg. Schweiz. Ges. f. d. ges. Naturw. B. XXXV. 1897.

vergesellschafteten rohen Feuersteininstrumenten und Stücken von Holzkohle in diluvialen Löß-, Lehm- und Kiesablagerungen, wie sie aus Mähren, aus dem Rhein-, Somme- und Eurethal, aus Suffolk u. a. O. bekannt geworden sind, weisen auf die Gleichzeitigkeit der Existenz der Diluvialtiere und des Menschen hin.

Wie gesagt, sind Skeletteile des Menschen fast in keiner der oben kurz beschriebenen Knochenhöhlen gefunden, in den meisten Fällen sind es nur die Spuren menschlicher Thätigkeit, welche beweisen, dass der Mensch bereits in jenen grauen Zeiten gelebt hat. Andere Aufschlusspunkte liefern jedoch auch die sonst vermissten menschlichen Skeletteile selbst. So stammen aus dem Kalktuff von Taubach bei Weimar und zwar aus der Stufe des *Elephas antiquus* zwei menschliche Backenzähne (Nehring). Ferner fand man bei Abbeville in der Picardie neben roh geschlagenen Feuersteinen und bearbeiteten *Rhinoceros*knochen einen Unterkiefer und mehrere Knochen des Menschen, bei Aurignac in der Haute Garonne neben aufgeschlagenen Renntier-, *Rhinoceros*- und Riesenhirschknochen 17 der Wissenschaft leider wieder verloren gegangene menschliche Skelete, im Neanderthal einen Schädel, in Höhlen bei Lüttich und im Löß von Egisheim bei Colmar Schädelfragmente, ferner im Département de la Dordogne Skeletteile von wenigstens fünf Individuen, — jedoch sind alle diese Funde zu fragmentar und vereinzelt, um allgemeine Folgerungen auf den anatomischen Bau der Bewohner Europas während der diluvialen Zeit zu gestatten. Nur auf ihre Lebensweise können wir schließen. Jene ältesten nachweisbaren Menschen waren Nomaden und Höhlenbewohner auf der denkbar niedrigsten Stufe der Cultur, die Benutzung der Metalle war ihnen durchaus, die Töpferei zum größten Teile vollkommen unbekannt, ihre Werkzeuge und Waffen waren roh behauene Feuersteine und grob bearbeitete Knochen, an Stelle aus Thon gefertigter Kochgefäße bedienten sie sich der Schiefer- und Sandsteinplatten, Ackerbau war ihnen noch fremd, allein Jagd verschaffte ihnen ihren Lebensunterhalt, welchen sie sich in gefährlichem Kampfe mit den gewaltigsten und reißendsten Vertretern der Tierwelt mit Waffen armseligster Art erringen mussten. Zugleich hatten sie einem weit kälteren Klima zu trotzen, als es heute in Centraleuropa heimisch ist.

Die Dauer dieser älteren Steinzeit muss eine außerordentliche gewesen sein, denn bis zum Beginne der jüngeren Steinzeit, mit einer der heutigen so nahestehenden Tier- und Pflanzenwelt haben sich die klimatischen Verhältnisse und mit ihnen die Bewohner der alten Continente umgestaltet und sind wesentlich die der Jetztzeit geworden.

Die Gesteinsablagerungen, welche sich seit dem Verschwinden der diluvialen Tierwelt gebildet haben, werden als **Alluvium** oder **recente Bildungen** bezeichnet. Sie sind der Gegenstand früherer Betrachtungen gewesen, so die Producte der Thätigkeit des Wassers und des Eises auf

S. 191, 236, 253 u. f., des Vulkanismus auf S. 126 u. f., des Windes auf S. 260, des organischen Lebens auf S. 269 u. f. Zu ihnen gesellen sich die Spuren menschlicher Eingriffe in das Walten der Naturkräfte und mehrten sich in demselben Maße wie die geistigen und mechanischen Hilfsmittel ihrer Urheber. Denn war die Mannigfaltigkeit der organischen Natur, der Formenreichtum der Faunen und Floren eine notwendige Folge der Summierung von Resultaten aller früheren Einzelvorgänge, so gilt dasselbe von der Vielseitigkeit der geistigen Functionen des Menschen. Unter dem Einflusse der sich allmählich häufenden Eindrücke, Erfahrungen, Errungenschaften und Erfindungen ward aus dem Geschlechte der Mammut-, Renntier- und Höhlenbärenzeit der Mensch, der sich die Erde unterthan macht.

REGISTER.

A.

- Aachen, sein Kohlenbecken 469, 482, seine Bleiglanzgänge 483, sein Kreidegebiet 646, Aachener Sand 646.
- Aalenien 387.
- Aargletscher 728.
- Abbiegung der Schichten 330.
- Abietites Linki 624.
- Abkühlung der Erde 11, 124, 455, 472, 473, 481.
- Ablation 249.
- Ablenkung der Falten 175.
- Abplattung der Erde 5.
- Abrasion 243.
- Abraumsalze, ihre Ablagerung 303, im Zechstein 505, 507, im Tertiär 700.
- Absätze aus heißen Quellen 158, unterirdische aus Mineralsolutionen, in Drusen und Blasenräumen 210, 346, in Spalten 211, in Höhlen 213, aus Quellen 215, 216, von seiten fließender Gewässer 236, aus dem Meer 242, terrigene 243, 304, 308.
- Absenkung der Schichten 329, 330.
- Absonderungsformen der Eruptivgesteine 153, 343, prismatische, säulenförmige 153, 294, 343, polyedrische 294, 343, plattige 153, 344, kugelige 344.
- Abstammung der Erde 6, 370.
- Abstammungstheorie 354.
- Acadian-Group 402, 403.
- Acanthicus-Schichten 600.
- Acanthoceras 618, Mantelli 632, Milletianum 628, Rhotomagense 632, Woolgari 632.
- Acanthocladia 503.
- Acanthodes gracilis 492, 510.
- Acanthostoma vorax 494.
- Accumulate, lose 24, 108, Structurverhältnisse 2 v, Entstehung 303.
- Accumulationsterrassen 239.
- Accumulierende Zersetzung 204.
- Acer in der Kreide 615, 632, im Miocän 702.
- Acervularia 408.
- Acidaspis 415, 416.
- Ackererde, ihre Entstehung 208.
- Acrochordiceras Damesi 528.
- Acrocidaris 589.
- Acrodus 538, 537.
- Acrolepis asper 502.
- Actaeonella 620, 639.
- Actinocamax 618, granulatus 637, plenus 638, quadratus 634, westfalicus 638.
- Actinocrinus 460.
- Actinodesma im Devon 432.
- Adinol 104, als Contactgebilde 300, im Culm 474.
- Adnether Schichten 578.
- Aeglina 416.
- Aegoceras planorbis, angulatum, capricornum 574.
- Äolische Bildungen 317, — Thätigkeit 260.
- Aquatoriale Juraprovinz 603, 609.
- Aren, geologische 364.
- Atna 427, 428, 431, 446—448, 451.
- Aetosaurus ferratus 537, 540.
- Agathiceras 513.
- Agelacrinus Rhenanus 430.
- Agnostus 398.
- Aktinolith als Contactmineral 296.
- Aktinolithschiefer 46, 384.
- Alabaster 38.
- Alactaja jaculus 744.
- Alaunschiefer, petr. Beschr. 119, im Cambrium 402, 403, im Silur 406.
- Alaunstein 122, als vulkanisches Product 142.
- Alaunthon 116, 681, 701.
- Albaner Gebirge 133.
- Albertia elliptica 521.
- Albertit-Gang 486.

- Albien 630.
 Albit-Muscovitgneiß 98.
 Albitphyllit 105.
 Albitporphyroid 102.
 Alethopteris im Carbon 454, im Rotliegenden 490.
 Algen, Gesteine bildend 266, 273.
 Algenkalke 308.
 Algonkische Formation, Algonkium 368, 392, 393.
 Alleghanies, ein Faltengebirge 172, 174.
 Allgäuschichten 578.
 Allochthone Entstehung der Kohlenflöze 479.
 Allodon 614.
 Allorisma 432.
 Allothigene Gesteine 22.
 Allotriomorphe Gesteinsbestandteile 290.
 Alluvionen, ihre Entstehung 236—241.
 Alluvium 366, 750.
 Alnus in der Kreide 632, im Oligocän 677, 685.
 Alpengebirge, seine Entstehung 174, seine Abtragung 233, sein Alter 336.
 Alpengletscher 35, 246, 252, 727—729.
 Alpengranit 60.
 Alpine Trias 549, 555, Juraprovinz 603, Tithon 597, Glacialgebiet 727.
 Altersbestimmung der Schichtenstörungen und der Gebirge 334, 336, der Eruptivgesteine 335, der Formationen 361.
 Altquartäre Gebilde 366.
 Alttertiär 366, 664.
 Altvulkanische Gesteine 286, 288, 424.
 Aluminitsand 686.
 Alunit 422, 682.
 Alveolites suborbicularis 430.
 Amaltheenthon 575, 577.
 Amaltheus margaritatus 574.
 Amblypoda 673.
 Amblypterus im Carbon 462, macropterus im Rotliegenden 492.
 Ambonychia im Silur 412.
 Amethyst 88, in Blasenräumen 210.
 Ammoniakgas, den Vulk. entströmend 284.
 Ammonitenkalke, rote 578.
 Ammonites, permisch 545, triadisch 522, im Muschelkalk 528, im Keuper 550, jurassisch 564, liasisch 568, im Dogger 580, im Malm 590, in der Kreide 617; A. amaltheus 574, 580, amblygonius 629, angulatus 570, 577, antecessens 528, asterianus 624, auritus 628, bidorsatus 637, bifrons 374, bimammatus 593, brevispina 577, Buchi 528, 531, Bucklandi 570, capricornus 574, Carteroni 629, coesfeldensis 636, 637, cognatus 528, 531, communis 574, cordatus 593, costatus 574, Damesi 528, 531, Davoei 576, 577, Deshayesi 628, Dux 528, 531, enodis 534, fimbriatus 574, gigantogaleatus 559, gigas 593, Schichten dess. 603, heterophyllus 574, Humphriesianus 583, inflatus 628, jurensis 574, lythensis 574, macrocephalus 584, Malbosi 629, Mantelli 632, Margae 636, 638, Martini 628, Mayorianus 628, Milletianus 628, Murchisonae 582, nevadanus 610, nissus 628, nodosoides 632, 638, nodosus 528, 534, noricus 624, 629, obtusus 576, opalinus, occitanus 582, 629, ornatus 584, osterianus 629, Ottonis 528, 531, Parkinsoni 584, 586, parma 559, peramplus 632, 639, 642, perarmatus 593, planorbis 570, 578, polyplocus 593, psilonotus 570, ptychoicus 598, radiatus 621, raricostatus 570, rhotomagensis 632, 638, 639, semipartitus 528, 534, serpentinus 574, Sowerbyi 583, Stobbaei 636, Strombecki 528, 531, tardefurcatus 628, Taylori 577, tenuilobatus, tenuis 528, texanus 636, 638, torulosus 582, transitorius 598, transversarius 593, 598, tricarinatus 636, 638, 666, varians 638, 639, venustus 628, Walcottii 574, Wittekindi 637, Woolgari 632, 638.
 Ammonitico rosso 600.
 Amorphe Structur 24.
 Amphibien, die ersten, im Carbon 464.
 Amphibolgneiß 98.
 Amphibolit 46, 106, 376, als Contactgebilde 298, 299, in der archaischen Formation 376, 384, 386.
 Amphibolpikrit 96.
 Amphibolschiefer, gebänderte 407, ihre Entstehung 180.
 Amphicyon 705.
 Amphilestes 581.
 Amphilogitschiefer, petrogr. Beschr. 104.
 Amphisile 678.
 Amphistegina Haueri 697, 698.
 Amphitherium 581.
 Amphoracrinus 460.
 Amplexus 430, coralloides 459.
 Amygdaloidische Structur 24.
 Amynodon 673.
 Analcim, in Blasenräumen 210, 211, auf Gängen 212.
 Anamesit, petrogr. Beschr. 89, 91.
 Ananchytes 616, ovata 636.
 Anarcestes 432, subnautilinus, cancellatus 439.
 Anarosaurus 529.
 Anchisaurus 547.
 Anchitherium 691, 692.
 Ancillaria Karsteni 687, glandiformis 697.
 Ancodus 675.
 Ancyloceras 618, gigas, Bowerbanki, Ewaldi, Hillisi, Matheronianum 628.
 Ancyloceras-Schichten 630.
 Ancyclus fluviatilis 724.
 Ancylusschichten 724.
 Andalusit, Andalusitglimmerfels, Andalusitglimmerschiefer, Andalusitbiotitschiefer 104, als Contactgebilde 297, 298.
 Andalusitgneiß 98.

- Andalusithornfels, als Contactgestein 297, 298, 300.
 Andauer der Mineralgänge 349.
 Andesit, petrogr. Beschr. 78, seine Entstehung 288, im Tertiär 707.
 Andesitkegel 451.
 Andrarum-Kalk 402, 403.
 Andreasberg 448.
 Andreas Scheuchzeri 702.
 Angiosperme Dicotyledonen, die ersten, 615, 626, 632, 689.
 Angoumien 639, 643.
 Angulatschichten 576, 577.
 Anhydrit 39, in Gyps umgewandelt 39, 200, Ablagerung desselben 305, im Carbon 451, im Zechstein 507, im Muschelkalk 525, 531, 532, im Keuper 535, 539, im Tertiär 698.
 Anhydritgruppe 531, 532.
 Anhydritregion 507.
 Anisische Stufe der Trias 552.
 Annularia im Devon 429, im Carbon 452, stellata, im Rotliegenden 490.
 Anodonta cygnea 720, Daubréana 678, postera 540.
 Anomodontia 549.
 Anomopteris Mougeoti 521, 523.
 Anomozamites 644.
 Anoplophora lettica 536.
 Anoplophorensandstein 539.
 Anoplotherium 661, 675, 679.
 Anthophyllit, als Contactmineral 296.
 Anthophyllitschiefer als Contactgebilde 298.
 Anthracit 52, Entstehung 275, 278, durch Contactmetamorphose 276, 293, im Silur 407, im Carbon 451, 476.
 Anthracosaurus 464.
 Anthracosla, im Carbon 462, im Rotliegenden 492.
 Anthracotherium 661, 678, 699, magnum 696.
 Antiklinale, Antiklinaler Schichtenbau, Antiklinallinie 325.
 Antiklinalthal 229.
 Antilope saiga 741.
 Aphanit 22, 86.
 Aphyllites 439.
 Apicrinus 589, Royassianus 593.
 Aplit 60, 291.
 Apocynophyllum neriifolium 683.
 Aphyllit in Blasenräumen 240, 241, auf Gängen 212.
 Apophysen 286, 287, 338, 339.
 Aporoxylon 429.
 Aporrhais speciosa 685.
 Appalachisches Kohlenfeld 476, 483.
 Aptien 626, 629, 630.
 Aptychenschichten 587.
 Aptychus 590.
 Aquitanische Stufe 677.
 Arachnoiden in d. Kohle 463, im Bernstein 685.
 Aragonit in Blasenräumen 240, in Hohlen 244.
 Araucarioxylon im Devon 429, im Carbon 458, im Rotliegenden 491, im Keuper-thuringicum 540.
 Araucarites peregrinus im Lias 567.
 Arca appendiculata 683, striata 503. Schmidt 528, diluvii 701, Speyeri 687.
 Arcestes gigantogaleatus 559.
 Archaische Formationen 364, 369, 373, 386, ihre Entstehungsweise 312.
 Archaeocalamites radiatus 452.
 Archaeocidaris 461.
 Archaeocyathus 400.
 Archaeopteris 455.
 Archaeopteryx macrura im Malm 593, 597.
 Archasterias 430.
 Archegosaurus Decheni, latirostris 493, 494.
 Archimedes-Kalke 477.
 Archimedes reversa 477.
 Architectonische Geologie 2, 318.
 Arctocyon 668.
 Arctomys bobac 744, marmotta 739.
 Arcuatenkalk 566.
 Arenicolites 400.
 Arenigstufe, -gruppe 417, -sandstein 425.
 Arctusina 416.
 Arietenschichten 576, 577.
 Arietites Bucklandi, rariocostatus 570.
 Aristodesmus Rüttimeyeri 622.
 Arkose, petrogr. Beschr. 412, im Rotliegenden 492.
 Arktische Diluvialfauna 719, 723, 725, 726, 740.
 Armorikanischer Sandstein 425, -Gebirgszug 481.
 Artesische Brunnen, Temperaturmessungen in dens. 8, Entstehung derselben 224.
 Artinskische Stufe 513.
 Arve-Gletscher 728.
 Arvicola gregalis, ratticeps 744.
 Asaphus 444, 446, -schiefer 425.
 Äsar 722.
 Aschaffit 77.
 Asche, vulkanische, petrogr. Beschr. 409. Entstehung 429, 445, 456, ihr Transport durch Winde 446, 260, dolomitische 200, im Zechstein 504.
 Aschenkegel 429.
 Aschenregen 444, 446.
 Ascoceras im Silur 413.
 Asphalt 54, seine Bildung 202, in Gängen 347, in d. Gneißformation 378, im Carbon 486, im Malm 589, in der Kreide 347, 635, im Oligocän 678.
 Aspidoceras perarmatum 593, 600, acanthicum 597, cyclotum 600.
 Aspidorhynchus im Malm 597.
 Aspidosoma 430.
 Aspidura im Muschelkalk, scutellata 528, 530.
 Asplenites Roesserti 579.

Astarte, silurisch 442, im Dogger 585, im Oligocän. Bosqueti 683, anus 701, borealis 703, 749, 727, pulla 586, Rosthorni 558, Voltzi 582, 585.
 Astartenbank im Dogger 585, -kalk 600.
 Astartien 600.
 Asterocalamites 452, 465.
 Asterolepis 437.
 Asterophyllites im Devon 439, im Carbon 452, im Rotliegenden, radiiformis 490.
 Asterotheca 454.
 Asraeospongia meniscus 408.
 Astrocoenia 616.
 Astylospongia praemorsa 407.
 Asymmetrischer Bau d. Faltengebirge 474.
 Athyris concentrica 432.
 Atlantosaurus 592, 614, -beds 614, 626.
 Atmosphäre, als Umhüllung der Erde 41, als geologisches Agens 194, 260.
 Atolls 167, 168, 274.
 Atractites im Keuper 530.
 Atrio del Cavallo 432, 434.
 Atrium der Vulkane 432, 434.
 Atrypa 440, reticularis 444.
 Aturia zickzack 666.
 Aucella im Jura 610, in der Kreide 652, Hausmanni 504, gryphaeoides 626, Kayserlingi, volgensis 629.
 Auerochs 744.
 Auf dem Kopf Stehen der Schichten 323.
 Auflagerung, deckenförmige, schollenförmige 334.
 Auflösung als hydrochemischer Process 495, 497, 209.
 Aufrecht stehende Stämme im Carbon 478, im Purbeck 599, im Oligocän 684.
 Aufrichtung der Schichten 322, 323.
 Aufschüttungskegel 426, 429, 430, 432, 446.
 Augengneiß 97.
 Augit, seine Zersetzung 206, als Contact-mineral 293, 296.
 Augitamphibolit 384.
 Augitandesit 79.
 Augitdiorit 76, 294.
 Augitgneiß 98, 375.
 Augitgranitit 59.
 Augithornblendeschiefer als Contactgebilde 298.
 Augitporphyr in der alp. Trias 564, -porphyr 87, 288.
 Augitschiefer, petr. Beschr. 47.
 Augitsyenit 70, 291, seine Contactmetamorphose 295, in der alpinen Trias 564.
 Augitsyenitporphyr 74.
 Augittrachyt 72.
 Augitvogesit 74.
 Aulacoceras im Keuper 550.
 Aulocopium aurantium 408.
 Aulopora repens 430.
 Ausbrüche, vulkanische 424—449, 484.
 Ausgangspunkt der Erdbeben 486.
 Ausgehendes 320.

Auskeilen der Schichten 320, 322, der Gänge 350.
 Auskeilende Wechsellagerung 322.
 Auslaugung der Gesteine 457, 458, 493, 209—215.
 Auslaugungsbeben 489, 493, 220.
 Auslenkung der Gänge 350.
 Ausquetschung eines Faltenschenkels 327, 330.
 Austernbänke 720, 724.
 Auswürflinge, vulkanische 409, 431, 436, 443—450, ihre Entstehung 342.
 Authigen Gesteine 22.
 Autochthone Entstehung der Kohlenflöze 478, der Braunkohlenflöze 684.
 Automorphe Gesteinsbestandteile 294.
 Auvergne 430, 744.
 Avicula, silurisch 442, dyadisch 504, triadisch 536, jurassisch 577, cretaceisch 624, 626, 628; A. aptiensis 628. Clarai 553, contorta 536, 544, 545, 550, 560, cygnipes 577, echinata 584, gryphaeoides 626, macroptera 624, speluncaria 503, 544.
 Avicula contorta-Zone 544, 545, 550, 360.
 Aviculopecten im Devon 432, im Carbon 462.
 Axiale Erdbeben 485.
 Axinus obtusus 685.
 Aymestrykalkstein 447.
 Azoische Formation 372

B.

Bacchus Marsh-Conglomerat im Carbon 487.
 Bacillarienerde 266.
 Backkohle 54.
 Bacterien 267, 269.
 Bactrites carinatus 439.
 Baculitenkalk 639.
 Baculites 618, anceps 636, Faujasi 636.
 Badener Tegel 698.
 Bad Lands 673.
 Bänderthon 749, 725.
 Bänderung des Gletschereises 35, 478, 248.
 Bänke, ihre Bildung 320.
 Bagshot-sand 666.
 Baiera 624.
 Bajocien 586, 587.
 Bairdienkalke, -schichten 540.
 Bajuvarische Trias 552.
 Baku, seine brennenden Gasquellen 278.
 Bala beds 417, -sandstein 425.
 Balatonites Ottonis 528.
 Baltische Kreide 648, -Endmoräne 721, 725.
 Balver Höhle 748.
 Banatit 77.
 Bandartige Gangstructur 347.
 Bandjaspis 420.
 Bandstructur des Gletschereises 35.
 Baphetes 464.
 Barranco 433, 434.

- Barre der Flüsse 244.
 Barrémien 629, 630.
 Barren Coal-measures 512.
 Barrierriff, seine Bildung 167, 271.
 Bartonthon 667.
 Barytische Bleigänge 388.
 Basal Series 403.
 Basalt, petrogr. Beschr. 89, Zersetzung des-
 selben 208, Mandelbildung 210, seine
 Eruption 131, 288, seine Contactmeta-
 morphosen 292, 293, im Tertiär 707,
 709.
 Basaltconglomerate 122, 709, 711.
 Basaltdecken, -gänge 91, 133, 341, 709.
 Basaltglas 95.
 Basaltjaspis 117.
 Basaltkegel 151, 288, im Tertiär 709.
 Basaltlava 91, 93, 94, 95, 292, 293.
 Basaltmandelstein 91, seine Bildung 210.
 Basaltsidial 95.
 Basaltsäulen, gegliederte 343, 344.
 Basalttuff 122.
 Basaltwacke, ihre Bildung 208.
 Basanit 89, 95.
 Bassin förmige Einlagerung 329, b. Schich-
 tenlagerung 334.
 Bath Oolites 587.
 Bathian 586.
 Bathonien 586, 587.
 Baumannshöhle 736.
 Bauschanalysen 26.
 Bayus 244.
 Beaufort-Schichten 487.
 Becken, erzebergisches 496, von Mainz
 692, von Wien 696, 699, von Paris 645,
 667, 675.
 Becken förmige Schichtenlagerung 329.
 Becksia Soekelandi 636, 637.
 Beehive-Geysir 160, 161.
 Belemnitella 618, mucronata, quadrata 634,
 639.
 Belemnitenkreide 637, 639.
 Belemnites, triadisch 550, jurassisch 564,
 im Lias 568, im Dogger 580, im Malm
 590, in der Kreide 617; B. acuaris 574,
 brunsvicensis 628, 630, canaliculatus 584,
 digitalis 574, Ewaldi 628, 630, giganteus
 583, hastatus 593, jaculum 621, 629, 630, la-
 tus 629, minimus 628, 630, paxillosus 574,
 pistilliformis, 624, 629, 630, plenus 639,
 Strombecki 628, 630, subhastatus 584,
 subquadratus 621, 629.
 Belgrandia marginata 735.
 Bellerophon, cambrisch 400, silurisch 412,
 devonisch 432, carbonisch, bicrenus 462,
 triadisch, nautilus 555.
 Bellerophonkalke 511.
 Beloceras multilobatum 434.
 Belodon Kapfii 537, 544, 593, 598.
 Belonite in glasischen Gesteinen 32.
 Belonosphärite 62.
 Beloteuthis 574.
 Belvedereschotter 699.
 Bembridge Series 673.
 Beneckeia Buchi, tenuis 522.
 Berggebiet der Flüsse 231.
 Bergkalk s. Kohlenkalk.
 Bergkrystall in Höhlen 214.
 Bergmehl 46.
 Bergrutsche, -schlipfe, -stürze 184, 283.
 Bergteer 53.
 Bernstein, Bernsteinerde 684, 685.
 Bernsteinlichte 685.
 Bernsteinführendes Oligocän des Samlandes
 684.
 Berriasstufe 629, Berriasien 630.
 Bestandteile der Gesteine, accessorische
 20, wesentliche 18, Bestimmung ders.
 25; eruptiver Gesteine, xeno-, allotrio-
 morphe 290, auto-, idiomorphe 291.
 Besteg 319.
 Betula 677, 683, nana 720, 727, 735.
 Beuteltierreste, in der Trias 537, 544,
 545, 547, 549, im Jura 563, 611, im Dog-
 ger 581, 584, im Malm 593, im Purbeck
 598, in der Kreide 619, im Oligocän 673,
 676, im Diluvium Australiens 745.
 Beyrichia 400, im Silur 415.
 Biancone 646.
 Biber, seine Tätigkeit 266.
 Bicrenatusschichten 563.
 Biegsamkeit der Gesteinsschichten 176.
 Bifurcatenschicht 585.
 Bildhauersandstein 650.
 Bimammatusschichten 600.
 Bimsstein 69, 96.
 Bimssteinconglomerat, -tuff 122, 708.
 Bimssteingerölle, -sand 109.
 Binneneis 246.
 Biotit als Contactmineral 296.
 Biotit amphibolit 376, 384.
 Biotitgneis 98, 375.
 Biotitgranit 59.
 Biotitgranulit 400.
 Biotitschiefer 103.
 Biotitsyenit 70.
 Biotittrachyt 72.
 Birdseyekalk 423, 425.
 Bison priscus 740.
 Bithynia tentaculata 720, 724, 725.
 Bitumen als Reductionsmittel 269, in den
 Kohlen 276, im Gneis 377, im Zechstein
 501, im Kalkstein des Malm 569.
 Bituminöser Gneis 377, Kalkstein, 41, 377,
 589, Mergelschiefer 40, 501, Schieferthon
 486, Thon 116.
 Blackband, petrogr. Beschr. 44.
 Blackriverkalk 423, 425.
 Blätterige Structur 23.
 Blättermergel 577, -sandstein 678, 702, von
 Munzenberg 694, -molasse 702.
 Blasenräume 22, Ausfüllung derselben
 210.
 Blasige Structur 24, ihre Entstehung 449.
 Blastoiden des Devons 430, der Kohlen-
 formation 459.

- Blattersteinschiefer, petrogr. Beschr. 124, im Devon 447.
 Blattina im Rotliegenden 492.
 Blaubänderstructur 246.
 Bleichsande 740.
 Bleichung, der Brandschiefer 202, der Asphaltkalksteine im Malm 589, im Oligocän 678.
 Bleierzdistricte, -gänge des Erzgebirges 388, am oberen Mississippi 244, 423, des Oberharzes 483, 484, von Aachen 485, von Commern 521, von Oberschlesien 526, von Wiesloch 527.
 Bleiglanz, seine Zersetzung 202, in Höhlen 244, im Silur 423, in der Steinkohle 267.
 Bleiglanzbank im Keuper 339.
 Blocklava 449.
 Blocklehm 417, 235, 746.
 Blöcke, erratische, nordische 409, 717, vulkanische 409, exotische 672.
 Blue ground 339.
 Bobac 741.
 Bocca 440.
 Böhmische Silurmulde 420.
 Böhmisches Mittelgebirge 710.
 Bogdo-See, seine Salzscheidungen 307.
 Bogentrümer 350.
 Bohnerz, petrogr. Beschr. 49, -Formation 678.
 Bohrlöcher, geothermische Messungen in dens. 8, von Speerenberg und Schladebach 9.
 Bohrmuscheln in den Ruinen des Serapistempels 463, gesteinerstörend 266.
 Bojische Gneißformation 379.
 Bokuper Sandstein 701.
 Bolderien 701.
 Bomben, petrogr. Beschr. 409, Entstehung 443, 453.
 Boned, petrogr. Beschr. 414, seine Bildung 309, silurisches 415, 417, triadisches 589, 544, 545, 546.
 Boracit im Gyps 38.
 Boreale Juraprovinz 604, 640.
 Borkholmsche Schichten 425.
 Borsäure als vulkan. Product 441, 442.
 Bos primigenius 720, 724, 735, 739, 740.
 Boulder clay 726, 733.
 Bourdie-House-Kalk 468.
 Bourguetierinus ellipticus 636.
 Bovey-Tracey 675.
 Bracheux, Sand von 668.
 Brachiopodenkalk in der alpinen Trias 554, im Dogger 588, -schiefer im Silur 449, 425, im Devon 439.
 Brackleshamsand 666.
 Brackwasserbildungen 244.
 Bradford clay 587.
 Brahmanische Stufe der Trias 552.
 Brahmatherium 705.
 Brachiosaurus amblystomus 494, petrolei 493, umbrosus 494.
 Brancoceras 463.
 Brandschiefer 53, 448, ihre Bleichung 202, im Rotliegenden 489, im Lias 566.
 Brandung, Brandungsterrassen 242.
 Brasenja 720.
 Brauneisenerz, siehe Brauneisenstein.
 Brauneisenstein, petrogr. Beschr. 44, 48, seine Bildung 200, 201, 243, 345, sein Absatz aus Quellen 246, Auftreten im Silur 407, im Devon 447, im Zechstein 509, im Muschelkalk 527, im Lias 567, im Dogger 579, in der Kreide 644, im Oligocän 678.
 Brauner Jura 367, 578.
 Braunerze des Rammelsberges 429.
 Braunkohle, petrogr. Beschr. 50, ihre Umwandlung durch Basalt 153, 276, 293, 740, Entstehung 275, 278, im Oligocän 675, 677, 680, 688, 695, im Miocän 684, 686, 688, 695, 701.
 Braunkohlenformation im Oligocän 675, 677, norddeutsche 680, untere 674, 684, 684, 686, 688, obere 684, 686, 688, 701.
 Braunkohlenquarzit 680.
 Braunkohlensand 680, 681, 682, 686.
 Braunkohlensandstein 680, 682.
 Brauns'sche Flüssigkeit 26.
 Breccien, Structurverhältnis 24, 348, Gesteinsklasse 444, Entstehung 303, diamantführende 339.
 Breccienartige Gangstructur 348.
 Brennung 292.
 Bridger Gruppe 673.
 Britisches Glacialgebiet 726.
 Brockenmergel 725.
 Bröckelschiefer 525.
 Brongniart-Plänen 638, 634, -quader 643, 650.
 Bronteus 445, 434.
 Brontosaurus 592, 644.
 Brontozoom giganteum 547.
 Bronzitolivinfels 377.
 Bronziterpentin 377.
 Bruchfelder, -zonen der Erdkruste 42, 47, 438, 472, 474, 480, 481.
 Bruchgebirge, ihre Entstehung 472, 481.
 Bruchlinien 14, als Träger von Vulkanen 438.
 Brucit als Contactmineral 295.
 Brüche durch Schichtenverwerfung 330.
 Brunnen, artesische 224, Temperaturmessungen in dens. 8.
 Bruxellien 664.
 Bryozoenriff im Zechstein 342, 505, -schichten 309, 634, 636, -kalke im Miocän 696.
 Buccinum bullatum 683, groenlandicum 723, reticulatum 720, 723.
 Buchensteiner Plattenkalk 552, -Schichten 554.
 Buchiceras 620, 639.
 Buchiola retrostriata 439, 446.
 Buchonit 95.
 Buchsweiler Kalk 678.
 Bucklandschichten 576.
 Buntsandstein 367, 549, alpinen 534.
 Burlington-Kalk 477.

C.

- Caerfai-Schichten 402, 403.
 Cainotherium 695.
 Calamarien 452.
 Calamites im Devon 429, im Carbon, cannaeformis, cruciatus, ramosus, Suckowii, transitionis 465, im Rotliegenden, gigas 490.
 Calamophyllia 616.
 Calamopora 408, 439.
 Calamostachys 432.
 Calcaire de Visé, de Waulsort, de Tournay 469, grossier 668, de Baucé 676.
 Calceola sandalina 430.
 Calceola-Kalke, -Mergel, -Schichten 438, 440, 442, 446.
 Calciferous sandstone 423, 425, 466, 468.
 Caldera 134.
 Callianassa 618, antiqua 637.
 Callipteridium gigas 490.
 Callipteris conferta, Naumanni 490.
 Callovien 587.
 Calostylis 408.
 Calymene 445.
 Camarella 400.
 Camarophoria Schlotheimi 503, 504.
 Cambrium, cambrische Formation 368, 397—406.
 Campanien 639, 643.
 Campilerschichten 551, 553.
 Camptonit 77, 291.
 Campylognathus im Lias 569.
 Cancellaria aperta, cancellata, evulsa, Rothi 704.
 Candona 470.
 Canis lagopus 740, spelaeus 736.
 Capitosaurus nasutus 522.
 Caprina 616, 639, adversa 639.
 Caprotina 616, 620, ammonia 629, 645, Lonsdalei 645.
 Caprotinenkalk 617, 629, 630, 644, 645.
 Capulus im Silur 412.
 Caradoc beds 417, -Sandstein 425.
 Carbon 215. Carbonische Formation 368, 449, verschiedene Facies und Gliederung ders. 467.
 Carbonate in heißen Quellen 458, in den Sickerwassern 203, 209—218, im Meere 266, 267, ihre Bildung 458, 203, 209, 212, 215.
 Carbonatgesteine 50.
 Carboniferous Limestone 468.
 Carbonische Eiszeit 486.
 Carcharodon angustidens 666, 702.
 Cardinia concinna 570.
 Cardinienschichten 539, 576.
 Cardioceras cordatum 593.
 Cardiola interrupta im Silur 412.
 Cardiolaschiefer im Obersilur 419, 425.
 Cardiopteris 455.
 Cardita crenata 556, Gümbeli 557, imbricata 668, planicosta, sulcata 667.
 Carditaschichten 557.
 Cardium austriacum 560, cloacinum 544, 560, edule 720, 723, 724, 725, Hausmanni 683, obliquum 668, pectiniforme 646, porulosum 668.
 Carentonien 639, 643.
 Carinatenpläner, -quader 643, 650.
 Carnallit 37, Carnallitregion 507.
 Caryocystites 410.
 Caryophyllia caespitosa 704.
 Cassianella gryphaeata 556.
 Cassianer Schichten 555.
 Cassis cancellata 668.
 Catenipora 408.
 Catopterus 546.
 Catopygus carinatus 632, 638.
 Catskill-Sandstein-Gruppe 446.
 Cauda galli-Sandstein 446.
 Caulopteris 454, Voltzi 521.
 Cavernöse Structur 24.
 Cementschichten im Malm 601.
 Cenoman 367, 631, 638, 642.
 Cenomanien 639.
 Centralalpen 473.
 Centralmassive 474.
 Centrum der Erdbeben 485, 486.
 Cephalaspis im Silur 445, im Devon 435.
 Cephalopoden im Cambrium 400, im Silur 440, 442, im Devon 432, im Carbon 461, im Perm 504, 513, in der Trias 528, 550, im Jura 564, 568, 580, 590, in der Kreide 648.
 Cephalopodenkalk im Silur 418, 425, im Devon 440, 446.
 Ceratitenkalke im Muschelkalk 562.
 Ceratites antecedens 534, cassianus 554, nodosus 528, 536, 540, 554, Ottonis, semipartitus 528, binodosus 554, trinodosus 552, 554.
 Ceratodus im Rotliegenden 493, im Keuper 537.
 Ceratosaurus im Jura 611.
 Cerithiensand, -kalk 694.
 Cerithienschichten 698.
 Cerithium angulosum 668, concavum 674, elegans 677, giganteum 667, 668, hexagonum, interruptum 668, laevum 683, lapidum 668, lignitarum 702, lima 720, margaritaceum 694, 696, 697, pictum 698, plicatum 675, 677, 694, Rahti, submargaritaceum 694.
 Cernays, Säugetiere von 668.
 Cervus im Jungtertiär 695, im Diluvium 720, C. alces 720, 744, dama 720, elaphus 733, 735, euryceros 735, 744, tarandus 720, 739.
 Chabasit in Blasenräumen 210, 211.
 Chaetetes 459.
 Chalcedon in Blasenräumen 210.
 Chama squamosa 667, calcarata 668, monstrosa 683.
 Chamositschiefer 421, 425.
 Champplainformation 733.

- Charlottenhöhle 736.
 Chasmops im Silur 444.
 Chazy-Kalkstein 423, 425.
 Cheirurus im Silur 415, im Devon 434.
 Chelydosaurus Vranji 494.
 Chemische Untersuchung der Gesteine 26,
 chemische Thätigkeit des Wassers 194,
 195, chemische Processe, durch Sicker-
 wasser eingeleitet 194—217, chemische
 Niederschläge, Gesteine bildend 301.
 Chemnitzia Escheri, eximia, Rosthorni 557,
 scalata 528.
 Chemung-Gruppe 446.
 Chenopus pespelicani 702.
 Chester-Schiefer 477.
 Chistolithschiefer 405, als Contactgebilde
 296, 298, 299.
 Chico-Tejon-Gruppe 653.
 Chiemgletscher 729.
 Chilisalpeter 37.
 Chillesford beds 703.
 China, seine Kohlenfelder 476, sein Löß 264.
 Chirotherium, -fährten 522, 545.
 Chirotherium-Sandstein 524.
 Chlor absorbiert im Erdkern 456.
 Chlorcalcium als Sublimationsproduct 443,
 in Salzseen 305.
 Chlorit, seine Bildung 206, in Blasenräumen
 210.
 Chloritgesteine 36.
 Chloritgneiß 98, 375.
 Chloritoidphyllit 405, 383.
 Chloritoidschiefer 179.
 Chloritschiefer 47, 382.
 Chlorkalium im Meere 304, in Salzseen 305.
 Chlormagnesium im Meereswasser 218, 304,
 in Salzseen 305.
 Chlornatrium in Sickerwassern 197, 209,
 215, in Solquellen 215, 216, im Meer 218,
 304, in Salzseen 305, in Flüssigkeitsein-
 schlüssen 33, als Gestein 36; s. Steinsalz.
 Chloropitschiefer 431.
 Chlorüre in Lösungen 209, 215, 221.
 Chlorwasserstoff als vulkan. Product 441,
 442, im Erdinnern 456.
 Chondrites Bollensis 567, im Flysch 672.
 Chonetes im Silur 410, im Carbon 461.
 Chorow, Kalk von 532.
 Chromeisenerz im Schillerfels 82, im Ser-
 pentin 384.
 Chromit 84.
 Chrysotil im Serpentin 48.
 Chthonisotherme Flächen, ihr Herausfrücken
 314.
 Cidaris im Muschelkalk 530, im Malm 589,
 in der Kreide 616, coronata 593, flori-
 gemma 589, 593.
 Cinnamitgruppe, -stufe 423, 425.
 Cinnamomum 675, 677, 694, 702.
 Cipitkalke 555.
 Cladiscites tornatus 559.
 Cladocora 616.
 Cladodus im Devon 463.
 Claraischichten 551, 553.
 Classification der Gesteine 34, der massigen
 Gesteine 54.
 Clathropteris Münsteriana 535.
 Clausthaler Ganggebiet 483, 484, Cl. Grau-
 wacke 474.
 Clinton-Sandstein 422, 425.
 Clyde beds 726.
 Clymenia im Devon 432, 439, 446.
 Clymenienschiefer, -schichten, -kalke 439,
 444, 442, 443, 446.
 Cnemidium stellatum 595.
 Coal-measures 468.
 Coblenzer Grauwacke 440.
 Coblenzen 446.
 Coblenzquarzit, -schichten, -stufe 440.
 Cocardenstructur 347, 485.
 Coccolithen 42.
 Coccosteus 435.
 Cochliodus 463.
 Cölestin im Muschelkalk 531.
 Coeloceras commune 574.
 Coeloptychienkreide 637.
 Coeloptychium 616, agaricoides, incisum,
 lobatum 636.
 Coenograptus 440.
 Coenothyris vulgaris 528.
 Colobodus 528.
 Colonien im Silur 420.
 Colorado, sein Schluchtersystem durch Ero-
 sion entstanden 228, 280, -gruppe 653.
 Collectivtypen 357.
 Colossochelys 705.
 Comanche Gruppe 652.
 Kombinierte Gänge 345.
 Comley-Sandstein 402, 403.
 Commern 524.
 Compsognathus 592.
 Concentrisch-schalige Absonderung 344,
 347.
 Conchorhynchus avirostris 528.
 Concordanz der Schichten 321, 333.
 Concretionen 20, 416.
 Congeria subglobosa 699.
 Congerienschichten, -stufe, -tegel 366, 693,
 704.
 Conglomerate, Strukturverhältnis 24, pe-
 trogr. Beschr. 412, Entstehung 303, d.
 Gneißformat. 383, im Präcambrium 392,
 im Silur 406, im Devon 427, 437, im Rot-
 liegenden 489, in der Kreide 612.
 Coniacien 643.
 Coniferen im Devon 429, im Rotliegenden
 494, im Keuper 536, im Lias 567, im
 Dogger 579, im Wealden 624, im Oligocän
 683.
 Coniornis 619.
 Conocardium im Silur 412, im Devon 432,
 im Carbon 462.
 Conocephalus 398.
 Conocoryphe 398.
 Conodonten 400, 413.
 Contactbreccie 415.

- Contactgänge 345.
 Contacthöfe 296.
 Contactmetamorphose 287, 290—300, 448, 485.
 Contactmineralien 295—300.
 Continentalinseln 43.
 Continente, ihre Gruppierung und Gliederung 12, Gesetzmäßigkeit in ihren Umrissen 14, ihre mittlere Höhe 15, Entstehung derselben 180, 181, 353, ihre Hebungen und Senkungen 162, 163, 165, 168.
 Contraction der Erdrinde als Ursache vulk. Eruptionen 124, 155, 172, 173, 181.
 Contrariusschichten 575.
 Conularia im Silur 412, im Devon 432.
 Conus antediluvianus 701, deperditus 667, 668, ponderosus 697, ventricosus 702.
 Coral Rag 600.
 Corallien 600, 603.
 Coralline Crag 703.
 Corax 618.
 Corbicula Faujasi 694.
 Corbicula-Kalk 694. .
 Corbis lamellosa 658, Mellingi 557, subclathrata 595.
 Corbula gibba 720, 725, inflexa 598, keuperriana 536, 540, nucleus 725, striata 667, subpisum 694.
 Corbulabank 539, 540.
 Cordaoxylon im Carbon 458, im Rotliegenden 492.
 Cordaites 458, im Rotliegenden 492.
 Cordierit als Contactmineral 296, 299.
 Cordieritfels 98, 298.
 Cordieritgneiß 98, 299, 375.
 Cordieritschiefer 298.
 Cornbrash 584, 586, 587.
 Cornubianit 297.
 Coronatenschichten 586.
 Corrasion 226.
 Corrosion 264; durch vulkan. Gesteine 292.
 Corsit 76.
 Coryphodon 661, 666, 673.
 Coscinopora 616, infundibuliformis 636.
 Cosinaschichten 641.
 Cosmoceras ornatum 584.
 Costatuskalke 577.
 Crag 703.
 Crania 616, ignabergensis 636.
 Crassatella sulcata 667, 668, ponderosa 668.
 Cratopleura 720, 735.
 Credneria in der Kreide 615, 632, 637.
 Crednerienstufe 643, 651.
 Creodontia 673.
 Cretaceische Formation 611.
 Cretornis 618.
 Cribrospongia Decheni 637.
 Crinoideenkalk, seine Bildung 41, 309, im Silur 410, 418, 425, im Devon 440, 446, im Carbon 459, im Jura 568.
 Crioceras 618, capricornu 629, Duvali 621, Emerici 622, Fanjasi 628, 629.
 Crioceras-Schichten 622, 628, 630.
 Cristellaria im Oligocän 685.
 Cromer, forest beds von 703, 727.
 Crossopterygier im Devon 435.
 Cryphaeus im Devon 434.
 Cryptocrinus im Silur 410.
 Ctenacanthus 463.
 Ctenacodon 611.
 Ctenis im Dogger 580.
 Ctenocrinus 430.
 Ctenodonta im Silur 412.
 Ctenodus obliquus 493.
 Cuboidesschichten 439.
 Cucullella 432.
 Cuise, sables nummulitiques de 664, 668.
 Culm 450, 465, 467.
 Culmkalk 471.
 Cultrijugaten-Schichten 446.
 Kulturschicht von Schussenried 746, 747, im Kessler Loch, vom Schweizerbild 749.
 Cupressinoxylum 683.
 Cupressocrinus crassus 430, 431.
 Cupulospongia radiata, rimulosa 595.
 Cuseler Schichten 495.
 Cuvieri-Pläner 638.
 Cyanitgranulit 400.
 Cyathaxonia 408, 459.
 Cyathocrinus im Silur 410, im Carbon 460, im Zechstein 503.
 Cyathophyllum helianthoides 429, caespitosum, latum 430, im Zechstein 503.
 Cycadeen im Lias 567, im Dogger 580.
 Cycas im Purbeck 598, im Wealden 626, im Diluvium, cornea 720.
 Cyclocarpus 458.
 Cyclolites 616, ellipticus 639, 640.
 Cyclolobus 513.
 Cyclonema im Silur 412.
 Cyclopteris im Devon 429.
 Cylindrophyma 595.
 Cymatosaurus 529.
 Cynodon 676.
 Cyphaspis 445.
 Cyphosoma 616.
 Cypraea inflata 667.
 Cypridina 435.
 Cypridinenschiefer 435, 439, 441, 442, 443, 446.
 Cyprina islandica 703, 719, 720, 725, rotundata 685.
 Cyprinenthone 719, 725. .
 Cypris im Purbeck 598, waldensis im Wealden 624.
 Cyrena im Purbeck 598, ovalis im Wealdclay 624, im Tertiär cuneiformis 665, senistriata 675, 677, 694, im Diluvium fluminalis 720.
 Cyrenenkalke, -schichten 309, 677.
 Cyrenenmergel 676, 678, 694.
 Cyrtoceras im Silur 413, im Devon 432, im Carbon 461.
 Cystideen im Silur 410, im Devon 430.
 Cystideenkalk im Silur 419, 425.

Cystiphyllum vesiculosum 430.
Cytherea incrassata 691.

D.

Dachfläche 320.
 Dachkalkstein 534.
 Dachschiefer 449, im Silur 421, 425, 444, von Glarus 672.
 Dachstein-Bivalve 561.
 Dachsteinkalk in der alpinen Trias, oberer 564, unterer 558.
 Dacit 78, 79.
 Dacotahsandsteine 353.
Dadocrinus gracilis 554.
Dadoxylon 429.
 Dämmerungerscheinungen durch vulk. Asche 261.
 Dämpfe, vulk. 440—444, aus Lavaströmen 448, im Magma des Erdinnern 11, 456, 457.
 Dalaquarzit als Geschiebe 716.
 Dalasandsteingruppe 396.
 Dalmania 413.
 Dalmanites im Devon 434.
 Dalradian 395.
 Dalslandgruppe 396.
 Dammerde, ihre Entstehung 208.
 Dammriffe 274.
 Dampfquellen 440, 459, 460.
 Damuda-Kohlenformation 487.
Danaeopsis marantacea 535, 540.
 Danien 636, 639, 642, 643, 649.
Daonella Lommeli 555.
 Daonellenkalke, -schichten 555, 562.
Dapedius pholidotus 570.
 Darwin's Koralleninseln-Theorie 467, Transmutationstheorie 354.
 Davoeikalke 577.
 Deception-Inland 355.
 Dechenhöhle 736.
 Decken, vulkanische 451, 287, 338, 341, 708, ihre Entstehung 152, 455, 286, 289.
 Deckenförmige Auflagerung 334.
 Deckenschotter 739.
 Deckensinter 213.
 Deckensysteme 452, 341, 709.
 Decksand 720, 724.
 Deep-river-Gruppe 703.
 Deflation 264.
 Deformierung der Gesteinsschichten 476, 478.
 Deistersandstein 623.
 Deltas 239, 240, 244, des Nil, des Mississippi 244.
 Dendrerpeton im Carbon 464.
 Dendriten 210.
 Dentalienbank im Muschelkalk 533, -thon im Dogger 585.
 Dentalina 634.
 Dentalium im Zechstein 504, triadisch, laeve 528, tertiär, Kickxii 694.

Denudation 133, 175, 192, 204, 235.
 Denudationsregionen 235.
 Descendenztheorie 354.
 Desmin in Blasenräumen 210, 214, auf Gängen 212.
Desmoceras 618, *Mayorianum* 628.
 Desmonite, petr. Beschr. 106, als Contactgestein 300.
 Detonationen bei Erdbeben 485, 220, 224.
 Deutsche Dyas 488, 509.
 Deutsche Trias 517.
 Devon, Devonische Formation 368, 426.
 Diabas, petr. Beschreibung 83, seine Entstehung 288, 289, seine Contactmetamorphosen 300, in Amphibolite umgewandelt 298, 299, im Präcambrium 393, 395, im Cambrium 398, im Silur 424, im Devon 447, im Carbon 480, im New red sandstone 547.
 Diabasaphanit 84.
 Diabashreccien 415, im Devon 447.
 Diabasmandelsteine 85, ihre Bildung 240.
 Diabasporphyr 84.
 Diabasporphyr 87, im Carbon 480, in der alpinen Trias 564.
 Diabasschiefer 84.
 Diabastuff 421, im Silur 424, im Devon von Planschwitz, 443, 446, 447.
 Diagenese Gumbel's 311, 317.
 Diagonalschichtung 349.
 Diagonaltrümer 350.
 Diagonalamphibolit 107, 376.
 Diallaggesteine 80.
 Diallagneiß 98.
 Diallaggranulit 400.
 Diamant im Itacolumit 44, 383, in Breccien-tufen 339.
 Diatomeen im Polierschiefer 46, Gesteinsbildung durch D. 266.
 Diatomeenerde, -schlamm 266, -lager 720, -mergel 725.
Diceras 589, *arietinum* 595.
 Diceratenkalk 595.
 Dichroitfels 98.
 Dichte Structur der Gesteine 22.
 Dickinsonites 454.
 Dicotyledonen, angiosperme, die ersten in der Kreide 615, 626, 632, 689.
Dictyodora Liebeana 473.
Dictyonema 400, -schiefer 402, 403, 405.
Dictyophyllum 624.
Dictyopteris 454.
Dicynodon 549.
Didelphys 666, 676.
Didymograptus Murchisoni 440.
 Diestien 704.
 Differenzierung eruptiver Magmen 290, 340.
Dikelocephalus 400.
 Diluvialfauna 719, 720, 724, 725, 726, 733—740, 745.
 Diluvialgrand, -sand, -kies und -thon 719, 720, 724, 739.

- Diluvium 366, glaciales 742, geschichtetes 749, marines 720, s. unter Eiszeit, Glacial, Vereisung.
 Dimeroclinus 410.
 Dimetian 395.
 Dinarische Trias 552.
 Dinarites avisanus 537.
 Dinoceras 664, 678.
 Dinornis parvus 746.
 Dinosaurier in der Trias 547, im Jura 563, im Malm 592, in der Kreide 614, 618, in Wealden 624.
 Dinotheriensand 696, 699, 703.
 Dinotherium giganteum 694, 696, 699, 703, 705.
 Diorit, petr. Beschr. 76, Entstehung 289.
 Dioritporphyr 77.
 Dioritschiefer 407.
 Diphyakalk 597, 600.
 Diplacodon 678.
 Diplograptus 440.
 Diplopora, triadisch 527, 531, 534, 550, 554, 557.
 Diploporenriffe 342.
 Diprotodon australis 745.
 Dirt-beds 599.
 Discina 393, 410.
 Discinolepis 400.
 Discoidea 646, cylindrica 632.
 Discordante Überlagerung 333, 336, disc. Parallelstructur 349.
 Discosaurus permianus 494.
 Dislocation 172, 476, 322, 333.
 Dislocationsbeben 172, 476, longitudinale, transversale 490.
 Dislocations-Metamorphose 476, 345.
 Dislocationsspalten 172, 330.
 Detroit, petr. Beschr. 73.
 Docodon im Jura 644.
 Döhlener Becken, sein Rotliegendes 497.
 Dornener Schiefer 576.
 Dogger 578.
 Dolerit 89, seine Contactmetamorphose 293, 299, im Tertiär 709, 744.
 Dolgelly 402, 403.
 Dolichosoma 494.
 Dolinen, ihre Entstehung 199, 224.
 Dolomit, petr. Beschr. 42, seine Entstehung 499, 309, 314, Himmelswitzer 532, Höhlen in demselben 220, 735, seine Auflösung 222, in der archaischen Formation 384, im Carbon 454, im Zechstein 504, im Buntsandstein 520, im Muschelkalk 525, 531, im Keuper 535, 539, in der alpinen Trias 553, im Malm 588, 593.
 Dolomitische, petr. Beschr. 43, ihre Entstehung 200.
 Dolomitische Kalkstein, petrogr. Beschr. 44, seine Entstehung 314, 384.
 Dolomitisierung des Kalksteines 199.
 Dolomitkofel 536.
 Dolomitriffe im Zechstein 505, in der alpinen Trias 557.
 Dolomitsand, seine Entstehung 200.
 Dolomitspat, seine Auflösung 499, in Blasenräumen 210.
 Domit, petrogr. Beschr. 72.
 Domvulkane 154, 340.
 Donetz, Carbonbecken am 475.
 Doppelfalte, Glarner 326, 332.
 Downtonsandstein 417, 425.
 Draugletscher 729.
 Dreikanter 264, 724.
 Dreissensia Brardi 695, polymorpha 720.
 Driftless area 732.
 Dromatherium sylvestre 547.
 Dromiopsis 636.
 Druck als Ursache der Eruptionen 455, gebirgsbildend 172, 479, 190, falsche Schieferung erzeugend 477, 430, metamorphosierend 478, 314, Erdbeben erzeugend 490, Wirkungen des Inlandeises 653, 719.
 Druckmetamorphose 478.
 Drumlins 717.
 Drusen 24, ihre Ausfüllung 210, 346, 348.
 Drusige Gangstructur 346.
 Dryandroides 677.
 Dryas octopetala 720.
 Dryophyllum Devalquei 683.
 Dryopithecus 694.
 Duckstein, petr. Beschr. 422, -terrassen im Tertiär 708.
 Dudley-Kalk 447.
 Dünen, ihre Entstehung 245, 264, ihre Wanderung 262, 263.
 Dunnschliffe 28.
 Dürnten, seine Schieferkohle 730, 735.
 Dunit, petrogr. Beschr. 96.
 Durbacht 70, 294.
 Durchbruchsthäler 229.
 Durchgreifende Lagerung 287, 337, 349.
 Durchwässerungsmetamorphose 345.
 Dwyka-Conglomerat im Carbon 487.
 Dyas 368, deutsche 488.
 Dynamische Geologie 1, 124.
 Dynamometamorphose 178, 314.
 Dysodil 50.

E.

- Echinobrissus im Malm 588, scutatus 593.
 Echinodermen, kalkabsondernd 273, 309.
 Echinoencrinus im Silur 410.
 Echinolampas Kleini 687.
 Echinosphäritenkalk 425.
 Echinospaerites im Silur 440.
 Eck'sches Conglomerat 524.
 Edle Bleigänge 388, -Quarzgänge 388.
 Edmondia im Carbon 462.
 Egel, marine Gebilde, unteroligocäne Ablagerungen von E. 683.
 Eichen, immergrüne, im Oligocän 677.
 Eifeler Kalk 438.
 Eifeler Vulkane 707.
 Eifelien 446.

- Einbeckhäuser Plattenkalke 598, 600, 602.
 Eindrücke in Geröllen 413.
 Einfache Gesteine 35.
 Einfallen der Schichten 325, widersinniges 330.
 Einhornhöhle 749.
 Einlagerungen, lenticuläre 320, stockförmige 320, bassinförmige 334.
 Einschlüsse, fremde, in den Gesteinselementen 28, von glasiger Substanz 28, 29, 287, 288, mikroskopischer Krystallgebilde 30, von Flüssigkeit 33, 36.
 Einsturzbeben 189, 493, 224.
 Einsturzdolinen 199, 224.
 Einsturzkratere 132.
 Eis, petrogr. Beschreib. 35, als geologisches Werkzeug 245, 745—749, 727—733.
 Eisberge 36, 259.
 Eisen, gediegenes 8, 90.
 Eisenbakterien 267.
 Eisenberge 43, 49, 378.
 Eisenchlorid, Eisenchlorür, als Sublimationsproduct 443.
 Eisenerze, als Gesteine 43, 48, im Gneiß 378, im Urschiefer 384, im Präcambrum 394, im Silur 406, im Devon 429, im Carbon 449, in d. Dyas 485, im Rotliegenden 490, im Zechstein 504, im Muschelkalk 526, oolithische im Lias 566, im Dogger 579, in der Kreide 644, im Eocän 671, 672, im Oligocän 678.
 Eisenglanz als Sublimationsproduct 443.
 Eisenglimmerschiefer 382.
 Eisenkalk des Cornbrash 586.
 Eisenkies, seine Zersetzung 202, seine Bildung 267, auf Höhlen 244.
 Eisenoocker 49, sein Absatz 246.
 Eisenoolith 49, im Dogger 579, 584, 585.
 Eisenoxyd als Roteisenerz 49, in Eisenoxydhydrat umgewandelt 200, reducirt 267, 268.
 Eisenoxydhydrat als Brauneisenerz 48, als Quellabsatz 157, 216, aus Eisenoxyd entstanden 200, 267, aus Spateisenstein, aus Sphärosiderit, aus Eisenvitriol 201, 213, aus kohlen. Eisenoxydul 267.
 Eisenoxydulsilicat, seine Zersetzung 200.
 Eisensäuerlinge 246.
 Eisensteinlager, s. Eisenerze.
 Eisenvitriol, seine Bildung 202.
 Eisfall 248.
 Eisfuchs 740.
 Eisnadeln 248.
 Eisperiode, ihre Gletscher 250, 712, 746.
 Eiszeit, carbonische 486, diluviale 712.
 Ekka-Schichten im Carbon 487.
 Eklogit, 407, im Gneiß 377.
 Eläolithsyenit 73.
 Eläolithsyenitporphyr 73, 288.
 Elbingeröder Grauwacke 442, 446, 471.
 Elenn 744.
 Elephas im Tertiär 694, 703, 705, americanus 742, antiquus 720, 735, 737, 739, 744, meridionalis 704, primigenius 720, 724, 735, 739, 744.
 Elfenbein, diluviales 744, mit Zeichnungen vom Mammut versehen 749.
 Elginia 546.
 Ellipsactinia 598.
 Ellipsocephalus im Cambrium 400.
 Elotherium 675.
 Elton-See, seine Salzabscheidung 307.
 Eluvium 204.
 Embryontypen 357.
 Emersionswinkel der Erdstöße 485.
 Emscher Mergel 367, 636, 638, 647.
 Emys im Malm 590, im Wealden 626.
 Enaliornis 648.
 Encrinitenkalk 309, 525, 534.
 Encrinurus im Silur 445.
 Encrinurus Brahli 534, Carnalli 528, 534, gracilis 534, liliiformis 528, Schlottheimi 534.
 Endmoränen 254, baltische 721, 724, 725, 729, britische 726, nordamerikanische 734.
 Endoceras im Silur 443.
 Endophyllum 430.
 Enstatitfels 47, 82.
 Enstatit-Olivinfels 96, 377.
 Enstatitporphyr 82.
 Entglasung 29.
 Entomis 485.
 Entwicklungsgeschichte der Erde 352, ihre Gliederung 363, 366—369, des organischen Lebens 393, 398, 407, 429, 454, 514, 515, 564, 580, 589, 614, 656, 660, 689, 694, 733, 740, 742, 750.
 Entwicklungsgesetz der Erde 353, 638.
 Enzesfelder Schichten 578.
 Eocän, Eocänformation 366, 664, 678.
 Eocidaris 503.
 Eohippus 673, 692.
 Eophytensandstein 401, 402.
 Eoscorpius glaber 463.
 Eotetrapoda im Carbon 464.
 Eozoische Formationen 373.
 Eozoon 378.
 Epiaster 646, brevis 638.
 Epicentrum der Erdbeben 486.
 Epidiorit 86.
 Epidot als Contactmineral 295, 296.
 Epidotamphibolit 384.
 Epidot-Amphibolschiefer, gebänderter 407.
 Epidotgneiß 98.
 Epihippus 673.
 Eppelsheimer Sand 693, 696.
 Equisetum 623, 626, arenaceum 535, 539, 540, Lehmannianum 544, 580, Mougeoti 524, Münsteri 544.
 Equus caballus 735, 739, 744, 743, Stenonis 704; Equus-beds 703.
 Erbsenstein, petrogr. Beschr. 41, Entstehung 458.
 Erdachse, Änderung ihrer geographischen Lage 690.

- Erdbeben, vulkanische 444, ihre Ursachen, Begriff ders. 475, 481, 489, wellenformige, stoßformige, rotatorische, ihre Wirkung 482, ihre Fortpflanzungsweise, ihr Ursprungsort, centrale, lineare, transversale 485, 486, ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit, Häufigkeit, Dauer und Ausdehnung 487, tectonische, infolge unterirdischer Einstürze 489, 220—222, durch Schichtenstörungen 475, 490.
- Erdbebeninseln 487.
- Erdbebenperioden 487.
- Erde, ihre Gestalt und Größe 5, ihr spezifisches Gewicht 7, ihre Entwicklungsgeschichte s. dort, Abstammung 370.
- Erderschütterungen s. Erdbeben.
- Erdfälle, Entstehung 498, 220, 221.
- Erdfeuer 278.
- Erdgröße 5, ihre Verkleinerung 480, 481.
- Erdiger Kalkstein 42.
- Erdinneres, Erdkern, seine Temperatur 8, 10, enthält Gase absorbiert 456, 464, 284.
- Erdkohle 50.
- Erdkruste, -rinde, ihre Entstehung 44, ihre Contraction 424, 455, 472, 473, ihre Bruchzonen 42, 138, 472, 474, 480, 481, ihre Faltung 472, 325, ihre Gliederung 360.
- Erdöl 53, seine Oxydation 202, seine Entstehung 276, im Devon 429, siehe Petroleum.
- Erdpech 54, seine Bildung 202, im Malm 589; s. Asphalt.
- Erdpyramiden 231, 235.
- Erdstöße 484.
- Erdwärme, ihre Tiefen-Zunahme 8, 457, metamorphosierend 313, herausdrückend 314.
- Ergüsse, vulkanische 432, 286, 340, 344.
- Ergussgesteine 285, 344.
- Erhebungskratere 428, 432.
- Erlan 47.
- Erlbacher Schichten 470.
- Eroschene (ruhende) Vulkane 439.
- Erosion in Gebirgen 474, 475, 492, 226, 229, 230, durch Gletscher 258.
- Erosionsgebirge, ihre Entstehung 471.
- Erosionsschluchten 227, 228, 233.
- Erosionsterrassen 238.
- Erratische Blöcke, Geschiebe 409, 447, 747.
- Erschütterungskreis, -zone, -gebiete der Erdbeben 485, 488, 221.
- Erstarrungsfolge der Mineralien 288.
- Erstarrungskruste der Erde 41, ihre Entstehung 371.
- Eruption von vulkanischem Material 424, 426, 429—449, der homogenen Vulkane, Ursache 453, der Geysirs 459—462, von Schlammvulkanen 280.
- Eruptionsbeben 489.
- Eruptionscanal der Vulkane 452.
- Eruptionskegel 429, 430, 432, 340.
- Eruptionsspalten 427, 483, 338.
- Eruptivbreccie 445, 339.
- Eruptivgänge, ihre Entstehung 453, 283, 294 338.
- Eruptivgesteine, tabellarische Übersicht 56, ihre Dynamometamorphose 479, ihre Entstehung 283, ihre charakteristischen Eigentümlichkeiten 286, jüngere und ältere 286, ihre Contactmetamorphosen 287—300, ihre Altersbestimmung 335, ihre Lagerung 337, der archaischen Formationen 380, im Cambrium 398, im Silur 424, des Devons 445, des Carbons 480, des Rotliegenden 498, im New-Red-Sandstone 547, der alpinen Trias 564, der Tertiärperiode 659, 707.
- Erzgänge, ihre Entstehung 475, 242, 269, 344, 346, in den archaischen Formationen 386—389, im Devon 448, im Carbon 483, 484, im Rotliegenden 490, im Zechstein 508, in der Trias 548.
- Erzgebirge, sein Alter 337, seine Erzgänge 388, zur Glacialzeit 731.
- Erzgebirgisches Becken 496.
- Erzlagerstätten in der Gneißformation 378, in der krystall. Schieferformation 384—389, im Präcambrium 394, im Silur 406, im Devon 428, 447, im Carbon 448, 485, im Rotliegenden 490, 500, im Zechstein 504, 506, 508, 512, im Buntsandstein 521, im Muschelkalk 526, im Lias 566, im Dogger 579, in der Kreide 614, im Tertiär 678. Siehe ferner Erzgänge und Eisensteine.
- Eschara 636.
- Esinokalk 553, 554, 557.
- Essener Grünsand 632, 638, 642.
- Estheria im Carbon 463, im Rotliegenden 492, im Buntsandstein 522, im Muschelkalk 522, im Keuper 537, Albertii 522, minuta 537, 544, 545.
- Estherienschiechten, Hellewaller 539, 540.
- Etagen 364, 366.
- Etoblattina 492.
- Etschthalgletscher 729.
- Eucalyptocrinus 430.
- Euchirosaurus im Perm 514.
- Eudoxus-Schichten 600.
- Eugeniocrinus im Malm 589.
- Eulysit, petr. Beschr. 408.
- Eunema im Silur 412.
- Euomphalus, cambrisch 400, silurisch 412, devonisch 432, carbonisch, pentangulatus 462.
- Eutaxitstructur 75.
- Eurypterus im Silur 445, im Devon 434.
- Evorsion 227, 234.
- Evorsionsseen 749.
- Exaration 258.
- Exhalation von vulkanischen Gasen und Dämpfen 440, 441, 442, 448, 296, von durch organische Zersetzungen erzeugten Gasen 275, 279.

Exogyra im Malm 589, in der Kreide 617, columba 632, Couloni 621, laciniata 636, 637, sinuata 621, virgula 589, 593, 603.
Exotische Blöcke 672.
Explosionen, vulkanische 136, 443, 444, 445, 456.
Explosionsbeben 489.
Explosionskratere 136.

F.

- Facettengerölle 265, 721.
Fächerförmige Schichtenstellung 328.
Fächermulden 328.
Facieswechsel 356.
Facies, verschiedene, der Formationen 359, 360, des Cambriums 403, des Silurs 418, 419, des Devons 436, 446, des Carbons 464, 467, des Perm 488, 543, der Trias 516, 517, der alpinen Trias 552, 553, 555, des Malm 599, 601, 602, klimatische, des Jura 603, der Kreide 619, 622, 629, 639, des Tertiär 658, 670, 689, 698.
Fährten von Tieren im Rotliegenden 494, im Buntsandstein 522, im New-Red-Sandstone 547, im Wealden 625, im Oligocän 676.
Fältelung der Schichten 329.
Fär Or, ihre Vergletscherung 731.
Fahlbänder in der Gneißformation 97, 378, von Kongsberg 389.
Fallbänder, siehe Fahlbänder.
Fallen der Schichten 324, 325.
Falsche Schieferung 177, 247, 250.
Falten 172—174, Ablenkung ders. 175, Arten ders. 325.
Faltenflügel 326.
Faltengebirge, ihre Bildung 172, 181, 326, asymmetrischer Bau 174, ihr Alter 336.
Faltenglimmerschiefer 403.
Faltensysteme, ihre Bildung, ihre Ablenkung 172, 175, 325.
Faltenüberschiebung 327.
Faltenverwerfung 327.
Faltenwurf, Faltung der Erdrinde 172, 175, 325.
Faluns 693.
Famennien 446.
Farnstufe 467, 470.
Fasergyps 38.
Faserige Structur 23.
Faserkohle 51, 435.
Faultiere im Diluvium 742, 743.
Fauna, Flora, arktische, der Glacialzeit 690, 720, 723, 725, 730, 735, 740, 743, 750.
Faunen und Floren, ihre Wanderungen 356, ihre Entwicklung, Umänderung, Vervollkommenung 354, 356, 363, 365, 366, im Präcambrium 393, im Cambrium 398, im Silur 407, im Devon 429, im Carbon 451, im Rotliegenden 490, im Zechstein 502, in der Trias 514, 515, 521, 527, 535, im Jura 564, im Dogger 580, 589, in der Kreide 614, 656, 660, 689, 691, 733, 740, 742, 750, im Tertiär 660, 689, 691, im Diluvium 719, 733, 741, 746.
Favosites 408, polymorphus 430.
Favularia im Carbon 452.
Faxekalk 616, 636, 649.
Feldspat 54, seine Zersetzung 203, als Contactmineral 298.
Feldspatamphibolit 107.
Feldspatgesteine 54.
Feldspatphyllit 105, 383.
Feldspatsammit, petr. Beschr. 112.
Felis spelaea 739, 741.
Felsarten 18.
Felsenkalke des Malm 595, 601, der Kreide 629.
Felsenmeere 59, 204.
Felsitbildung 288.
Felsitfels 64.
Felsitpechstein, petr. Beschr. 65, seine Entstehung 286.
Felsitporphyr, petr. Beschr. 61, in der alpinen Trias 561 (s. Quarzporphyr).
Felsosphärit 62.
Felsterrassen 232.
Fenestella retiformis 503, 505.
Ferdinandea, Insel 135.
Festiniog 402, 403.
Festland und Meer, ihre Verteilung auf der Erdoberfläche 11.
Feuer, ewige, von Baku 278.
Feuerstein, petr. Beschr. 45, in der Kreide 20, 42, 613, 665, im Diluvium 716.
Feuersteinkiese 665.
Feuersteinknollen 20.
Feuersteinwerkzeuge im Diluvium 747—749.
Ficus in der Kreide 615, 632, im Oligocän 675, 677, 685.
Findlinge 717.
Firn, Firneis 35, 245.
Fische, verwesende, reducierend 268; erste im Silur 415, im Devon 435, 437, im Carbon 463, in der Trias 528, 546, im Lias 570, im Dogger 580, im Malm 590, in der Kreide 618, im Tertiär 660, 672, 678.
Fischschiefer, Raibler 557, von Glarus 672, des Elsass 678.
Flabellaria 683.
Flabellina 634.
Flache Gänge 349.
Fladenlava 149.
Flammen in Kratern 142.
Flammenmergel 367, 613, 626, 628.
Flaschenthon 704.
Flasergabbro 107, 180, 376, 386.
Faserige Structur 23.
Flaserkalk im Devon 427.
Flaserung der Eruptivgesteine 180.
Fleckenmergel 578.
Fleckschiefer, petr. Beschr. 105, als Contactgestein 297, 299.

Flexur der Schichten 330.
 Fließende Gewässer, ihre mechan. Tätigkeit 222, ihre Erosion 226, 229, 230, ihre Absätze 236.
 Flint siehe Feuerstein.
 Flintconglomerat, petr. Beschr. 413.
 Flöhaer Kohlenbecken 472.
 Flötz 320. Siehe Kohlenflötze und Steinkohlenflötze.
 Flötzleerer Sandstein 466.
 Floren, siehe Faunen.
 Fluctuationsstructur 23, 32, 68, 287, 288, 342.
 Flügel der Falten 325, 330.
 Flüsse, ihr Mineralgehalt 217, ihre Transportfähigkeit 236, ihre Erosion 474, 475, 226, ihre Terrassen 232, 238, ihre Deltas 239, Verlegung ihres Unterlaufes 232, ihre Absätze 236, ihre Barre 244; Fl. Norddeutschlands in der Eiszeit 722.
 Flüssige Kohlensäure als Einschlüsse 33.
 Flüssigkeitseinschlüsse 33, 36, 284.
 Flugsand 245, 264.
 Flugsaurier im Lias 569, im Malm 590.
 Fluidalstructur 23, s. Fluctuationsstructur.
 Flussschotter 730.
 Flusspat auf Gängen 244.
 Flussterrassen 232, 238, diluviale 734, 739.
 Flusstrübe, ihre Entstehung 237.
 Fluviale Facies 360.
 Fluvioglaciale Ablagerungen 719, 722, 725, 730, 738.
 Fluviomarin Crag 703.
 Flysch 644, 646, 672.
 Folliculites 720, 735.
 Fontainebleau, Sandstein von 676.
 Foraminiferen, kalkabsondernd 272, 308, 340, 646, 684, 670, 698.
 Foraminiferenmergel 308.
 Foraminiferenschlamm 272.
 Forellengranulit 400.
 Forellenstein, petr. Beschr. 84.
 Forest marble 587, Forest bed von Cromer 703, 727.
 Formationen, geologische 357, 358, ihre Grenzen 359, 360, ihre Altersbestimmung 361, ihre Gruppierung 363, 364, archaische 364, 366, 373, 386, paläozoische 364, 368, cambrische 397, silurische 406, devonische 426, carbonische 368, 449, permische 488, mesozoische 364, 367, 545, triadische 546, jurassische 563, cretaceische 614, känozoische 364, 366, tertiäre 658, diluviale 712.
 Formationslehre 4, 374.
 Formsand 686.
 Foyait, petr. Beschr. 73.
 Fragmente in Eruptivgesteinen 287.
 Frankenberger Ahren 268.
 Franklinit 379.
 Frasnien 446.
 Freiburger Erzgänge 388.

Frictionserscheinungen 334, glaciale 254, 745, 733.
 Friedrichshaller Kalk 531.
 Fritting 292.
 Frondicularia 646.
 Frost als geologisches Agens 494, Gesteine zersprengend 226, 233, 235.
 Fruchtschiefer 404, als Contactgestein 297, 298.
 Fucoidensandstein 402, 403, -schichten 672.
 Fucoides im Silur 407, im Devon 439, im Lias 567.
 Fullers Earth 446, 587.
 Fumarolen 440, 448.
 Fundamentalformation 374.
 Fußstapfen 320, im Rotliegenden 494, im Buntsandstein 522, im New red sandstone 547, im Wealden 625, im Oligocän 676.
 Fusulina cylindrica 459, 543.
 Fusulinenkalk, seine Bildung 308, in der Kohlenformation 467, 475, 477.
 Fusus bulbiformis 668, longirostris 697, multisulcatus 685, 694, trilineatus 704.

G.

Gabbro, petr. Beschr. 80, 407, seine Deformierung 480, seine Entstehung 289, seine Contactmetamorphose 296, in der Gneißformation 376, 386.
 Gänge, mineralische, 344, ihre Entstehung 244, granitartige, pegmatitische 312.
 Eruptivgänge 453, 285, 294, 338, kombinierte 345, taube, erzführende Mineralgänge 346, in den archaischen Formationen 386, 388, 389, im Devon 443, im Carbon 480, 483, im Rotliegenden 500, in der alpinen Trias 562, im Tertiär 707; s. Mineralgänge und Erzgänge.
 Gailenreuther Höhle 736.
 Galeritenpläner 638.
 Galerites 616, albogalerus 632, 638.
 Galmey, im Devon 447, im Carbon 483, im Muschelkalk 527.
 Gangamopteris 487.
 Gangauslenkungen 354.
 Gangdiorit 77.
 Gangdrusen 346.
 Gangformationen 348.
 Ganggesteine 291.
 Gangkreuz 350.
 Gangmineralien, ihre Bildung 244, 345, 347.
 Gangsecretionen 244, 345.
 Gangspalten, Bildung und Ausfüllung derselben 244, 338, 346—351.
 Gangstrukturen 346—351.
 Gangthonschiefer 347, im Harz 484.
 Gangverwerfungen 350, -verschiebungen 354.
 Gangzüge 350, von Clausthal 484.

- Ganqiden im Silur 445, im Devon 435, im Carbon 463, 486, im Rotliegenden 493, im Perm 502, im Buntsandstein 523, im Muschelkalk 528, im New red sandstone 546, im Lias 570, im Dogger 580, im Malm 590.
 Garbenschiefer, petr. Beschr. 404.
 Gargasmergel 367, 628.
 Gasentwicklung im Krater 443, 445, aus den Lavaströmen 448.
 Gasporon der Gesteine 34, 36.
 Gasquellen aus Zersetzung von Organismen 278. Schlammvulkane bildend 279.
 Gault 367, 626, 628, 630.
 Gaultsandstein 626.
 Gebänderte Structur 23, 347.
 Gebirge, ihre Entstehung, tectonische 174, 326, ihre Altersbestimmung 334, 336, ihre Modellierung durch die Thätigkeit des Wassers 174, 492, 225.
 Gebirgsarten 48.
 Gebirgsbildung 174, 326.
 Gebirgsglieder, geschichtete 318, massige 337.
 Gediegenes Eisen 8, Kupfer 393, Silber 393, 395.
 Gedinien 446.
 Gefälle der Flüsse 225, 230.
 Gehlenit, als Contactmineral 295.
 Gehrner Schichten 496.
 Geismarer Kupferletten 506.
 Gelenksandstein 44.
 Gemengtheile der Gesteine 20, ihre Bestimmung 25, ihre Einschlüsse 27.
 Gemündener Maar 436, 707.
 Generatio aequivoca 355.
 Genesee-Schiefer 446.
 Geoden 24.
 Geologie, ihre Aufgabe, Einteilung 1, ihre Hilfswissenschaften, Litteratur 2; dynamische 1, 424, historische 2, 332, petrogenetische 4, 283, petrographische 1, 48, physiographische 1, 5, tectonische 2, 318.
 Geologische Aren 364.
 Geologische Karten, Profile, Zeitschriften 3, 4.
 Geologisches Alter, seine Bestimmung 334—336, 364.
 Georgia-Group 402, 405.
 Geosaurus im Malm 590.
 Geothus 574.
 Geothermische Tiefenstufe 9.
 Germanische Trias 547.
 Gerolle 409, 237, Entstehung 237, in der archaischen Formation 383, mit Eindrücken 443, 677.
 Gervillia angusta 556, ceratophaga 503, 504, costata 536, inflata 560, Murchisoni 524, mytiloides 531, praecursor 544, 560, socialis 528, 536, 540, 554, subcostata 536, subglobosa 531.
 Geschichtete Gesteine 24, Gesch. Gebirgsglieder 318, Gesch. Vulkane 455.
 Geschiebe, erratische 409, mit Eindrücken 443, ihre Entstehung 237, nordische 716, 717, geritzte, geschliffene, geschrammte 254, 745, 747.
 Geschiebedecksand, Geschiebesand 721, 724, 725.
 Geschiebelehm, -mergel 417, 716, oberer, unterer 745, 724, 725, seine Localfacies 717.
 Geschiebewälle 724.
 Gestadeinseln 43, 16.
 Gesteine, ihre wesentlichen Bestandteile 18, ihre zufälligen Bestandteile 19, ihre Makrostructur, krystallinische 22, geschichtete 24, 96, 348, Bestimmung ihrer Gemengtheile durch ihr spezifisches Gewicht 25, durch den Elektromagnet 26, durch chemische Untersuchung 26, durch das Mikroskop 27, 28, ihre fremden Einschlüsse 28, ihre Classification 34, 35, massige G. 54, 283, 237, deren Absonderungsformen 343, klastische, Trümmergest. 24, 35, 408, ihre Biegsamkeit 176, ihre Umformung 178, 314, ihre Plasticität 176, Durchdringlichkeit, Auflöslichkeit, Zersetzbarkeit 195, eruptive 282, vulkanische 285, 286, 287, plutonische 285, 286, 289, deren Contactmetamorphose 287, 292, neovulkanische 286, 288, 707, paläovulkanische 286, 288, 424, 447, 480, 494, 561, äolische 347, phytogene 273, 307, zoogene 270, 307, 521, sedimentäre 300.
 Gesteinselemente 49, mikroskopische Einschlüsse in dens. 30.
 Gesteinsergüsse, deckenförmige 452, 241.
 Gesteinsgänge, ihre Entstehung 458, 175, 285, 291, 338.
 Gesteinsglas 62, 65, 68, 69, 72, 75, 87, 89, 92, 410.
 Gesteinsmikroskopie 28.
 Gesteinsumwandlungen durch vulkanische Dämpfe 444, durch hydrochemische Prozesse 193, 200, 209, durch Eruptivgesteine 290—300, durch Gebirgsdruck 478, 344 (s. Metamorphose).
 Gestreckte Structur 23.
 Gewässer, fließende, ihre mechan. Thätigkeit 222, ihre Erosion 226, 236.
 Gewicht, spezifisches, der Erde 7.
 Gewölbe 325.
 Geyer, Stockwerk von 387.
 Geysir 460.
 Geysir auf Island 458, auf Neuseeland 459, in den Rocky Mountains 460, 461.
 Giant-Geysir 460.
 Gieseckitporphyr 73.
 Giganteus-Thone 583.
 Gipfelkrater 447.
 Gitterstructur des Serpentin 208.
 Givetien 446.
 Glacialdiluvium 742, geschichtetes 749.
 Glacialfauna 749, 723, 725, 726, 740.
 Glacialflora 720, 731.

- Glacialformation, carbonische 487, im Diluvium 712.
- Glacialgebiet, skandinavisches und nord-deutsches 712, britisches 726, alpines 727, der Mittelgebirge, nordamerikanisches 734.
- Glacialperiode 712.
- Glacialphänomene 254, 255, 256, 715, 717.
- Glacialsand, -lehm u. -schotter 719.
- Glacialschiffe 255, 256, 715, 717.
- Glacialschub 257, 720.
- Glacialthone 719, 720, 726.
- Glacialzeit des Carbons 486, des Diluviums 712. Siehe ferner unter: Diluvium, Eis, Gletscher.
- Glaser, natürliche 65, 68, 72, 75, 87, 89, 95, 109, 287, 288, 292.
- Glanzkohle 51, durch Contactmetamorphose entstanden 153, 293.
- Glarner Doppelfalte 326, 332.
- Glarus, Schiefer von 672.
- Glasbasis, mikroskopische 31, 62, 87, 89, 92, 93, 95, 287, 288.
- Glaseinschlüsse 28, 31, 287, 288.
- Glasige Structur 34, 285.
- Glassand 740.
- Glaswacke 111.
- Glaukonitmergel, petr. Beschr. 118, in der Kreide 613, 621, 632.
- Glaukonitsandstein 112, in der Kreide 612, im Oligocän 684.
- Glaukophangesteine 107.
- Glaukophanschiefer 46.
- Gleichförmige Schichtenfolge, Überlagerung 321, 333.
- Gletscher 35, Wesen ders. 245, Entstehung Classification, innerer Bau 246, Bewegung 245—251, ihre Spalten 247, ihr Vorrücken 247, ihre untere Grenze 250, ihre Bänderung 246, 248, Verbreitung 251, Moränen 253, ihre schleifende Wirkung 255, ihre Erosionsfähigkeit 258, ihr Kalben 259, der Diluvialzeit 257, 712, 726—730.
- Gletscherbäche 249.
- Gletschercascade 248.
- Gletschereis, seine Bänderung 35, 178, 246, 248.
- Gletschererosion 258.
- Gletschergarten zu Luzern 235.
- Gletschergeschiebe 254, 717, 724, 725.
- Gletschermühlen 249.
- Gletscherschiffe 256, 717, 725, 730.
- Gletscherschrammen 254, 256, 715, 717.
- Gletscherschub 256, 718.
- Gletscherspalten 247.
- Gletschertor 249.
- Gletschertische 254.
- Gletschertrübe 255.
- Glimmer als Contactmineral 295, 297.
- Glimmerandesit 79.
- Glimmerdiorit, petr. Beschr. 76.
- Glimmerfels, als Contactgestein 298.
- Glimmerglänzender Phyllit 383.
- Glimmergneiß, 96, 375.
- Glimmernorit 82.
- Glimmerphyllit 382, 385.
- Glimmerpikrit 96.
- Glimmerporphyrit 78.
- Glimmersand 686, 719.
- Glimmersandstein 111.
- Glimmerschiefer 103, Entstehung 312, archaischer 369, 375, 382, 385.
- Glimmerschieferformation 369, 385.
- Glimmersyenit 70, im Silur 422.
- Glimmersyenitporphyr 74.
- Glimmerthon 701.
- Glindower Thon 719, 724.
- Globigerina 616, im Tertiär 698.
- Globigerinenschlamm 272, 303, 310.
- Globulite 74.
- Glossopteris indica 486.
- Glossopterisfacies des Obercarbons 486.
- Glutiger Erdkern 6, 8, 10, 156, 161, ursprünglich glutflüssiger Zustand der Erde 6, 8, 366, seine Abkühlung 181, enthält Gase 284, metamorphosierend 312.
- Glyphaea 618, ornata 629.
- Glyphioceras 463.
- Glyptodon 745.
- Glyptolepis keuperiana 536, 540.
- Gneiß, petr. Beschr. 96, 97, grauer, rother, zweiglimmeriger 98, Entstehung 312, der Gneißformation 374, 382.
- Gneißconglomerat 112.
- Gneißformation, archaische, 369, 374, bojische, hercynische 379, Entstehung 312.
- Gneißglimmerschiefer 104, 382.
- Gold im Itacolumit 44, im krystallinischen Schiefer 385, -führende Gänge in Siebenbürgen 711.
- Goldlauterer Schichten 495.
- Gomphoceras im Silur 413, im Devon 432.
- Gondwana-Schichten 487, 548.
- Goniatitenkalk 441, 443, 446.
- Goniatiteuschichten, -schiefer 439, 446.
- Goniatites im Devon 432, cancellatus, compressus, Dannenbergi, occultus 439, 446, intumescens 434, 439, 446, multilobatus, simplex 434, subnautilus 432, 439, 446, im Carbon, sphaericus 463.
- Goniophyllum im Silur 408.
- Gordonia 546.
- Gosauschichten 641, 643.
- Goslarer Schiefer 442, 446.
- Gosseletia 432.
- Gotländerkalk 418.
- Grabenversenkung 172, 331.
- Grammatit, als Contactmineral 295.
- Grammatitschiefer 46.
- Grammysia im Silur 412, im Devon 432.
- Granat, als Contactmineral 295, im Glimmerschiefer 382.

- Granatamphibolit 407, 376, 384.
 Granataugitgesteine 296.
 Granatfels, petr. Beschr. 407.
 Granat-Glaukophangesteine 407.
 Granatglimmerfels 382.
 Granatgneiß 98.
 Granatolivinfels 376.
 Granatporphyr 78.
 Granatserpentin 377.
 Grand Cañon 228, 393.
 Grande oolithe 587.
 Granit, petr. Beschr. 53, seine Porphyrfacies 60, 294, deformierter 99, 480, Zersetzung, Verwitterung desselben 203, 205, seine Lagerungsformen 289, 339, seine Contactmetamorphosen 294—299, 448, Eruptivgranit in den archaischen Formationen 387, 389, im Devon 448, im Carbon 484.
 Granitartige Gänge, ihre Bildung 242.
 Granitconglomerat 242.
 Granitgänge 294, 338.
 Granitgneiß 97, 375, 382.
 Granitgrus 203.
 Granitit, petr. Beschr. 59.
 Granitkerne 339; s. Granitstöcke.
 Granitporphyr, petr. Beschr. 64, Zersetzung desselben 205, seine Entstehung 289, im Rotliegenden 498.
 Granitstöcke 58, 289, 297, 389, des Harzes 448, 484.
 Granophyr 60, seine Entstehung 294.
 Granosphärite 63.
 Granulatenkreide 637.
 Granulit 99, in der Ur-Gneißformation 376.
 Granulitgebirge 400.
 Graphit 53, im Gneiß 377, Entstehung aus Kohle 479, 275, 278.
 Graphitglimmerschiefer 404.
 Graphitgneiß 98, 375.
 Graphitoidschiefer 53, 383, 392.
 Graphitquarzit, Graphitquarzitschiefer, als Contactgebilde 298.
 Graphitschiefer 53, Entstehung 278, 298, Vorkommen 377, 384.
 Graptolithen im Silur 409, im Devon 430.
 Graptolithenschiefer 447, 449, 420, 424, 422, 423.
 Grauer Gneiß 98.
 Grauerze im Rammelsberg 429.
 Grauliegendes 489.
 Grauwacke, dichte, petr. Beschr. 443, 449, Umwandlung in Hornfels 298, im Cambrium 398, Przibramer 402, im Silur 406, im Devon 427, von Coblenz 430, Siegerner 444, 446, Tanner 444, 446, 474, der carbon. Formation 450, Clausthaler, Elbingeröder, Grunder 474.
 Grauwackenformation 394.
 Grauwackenschiefer 443, 449, im Silur 406, im Carbon 450.
 Great Falls-Gruppe 626, 633.
 Great Oolite 587.
 Green River-Gruppe 673.
 Greensand, lower 624, upper 632.
 Greifensteiner Kalke 440, 446.
 Greisen 60, 300, 338.
 Grenzbrecie 445.
 Grenzdolomit 339, 540.
 Grenzletten 524.
 Grès de Beauchamp 670, de Fontainebleau 674.
 Grestener Schichten 568, 578.
 Griffelschiefer, petr. Beschr. 449, im Silur 424, 425.
 Griffelung, ihre Entstehung 478.
 Grillenberger Schichten 472, 496.
 Grobkalk von Paris 668.
 Grobkohle 54.
 Grödener Sandstein 544.
 Grönland, seine Hebung 463, seine Senkung 466, seine Vergletscherung 246, 252, 253, seine Kreideflora 633, seine Tertiärflora 690.
 Grotten, ihre Bildung 499, 220.
 Grubengas 274, 275.
 Grünerde, ihre Bildung 206, in Blasenräumen 240.
 Grünsalz 700.
 Grünsand von Essen 634, 639, 642.
 Grünsandstein, petr. Beschr. 442, in der Kreide 612, 624, 634.
 Grünschiefer 407, 480.
 Grünstein, petr. Beschr. 83.
 Grünsteintracht 79.
 Grünteintuff 424.
 Grundconglomerat im Cambrium 392, 394, 396, 398, in der Kreide 634.
 Grundeis 86.
 Grunder Grauwacke 474.
 Grundformation 374.
 Grundmoränen 255, ihre Localfacies 258, 747, diluviale 746, 747, 724, 725, 732.
 Grundwasserbecken, -quellen, -ströme, ihre Entstehung 223.
 Grus, petr. Beschr. 409, Bildung 203, 205.
 Gruskalk 649.
 Gryphaea 647, arcuata 570, cymbium 574.
 Gryphitenkalk 578.
 Gshel-Stufe 473.
 Guano 309.
 Guano-Phosphate 39.
 Guelphkalkstein 422, 425.
 Gürteltiere im Diluvium 743.
 Gulo luscus 740, spelaeus 747.
 Guttensteiner Kalke 554.
 Gyps, petr. Beschr. 38, als vulk. Product 440, 442, 443, seine Auflösung und Wegführung 497, 222, aus Anhydrit hervorgegangen 200, als Quellabsatz, gyps-führende Quellen 247, 249, Höhlen im Gyps 38, 220, seine Reduction 269, im Meere 269, Ablagerung desselben 305, im Carbon 451, im Zechstein 504, im Buntsandstein 521, im Muschelkalk 525, 534,

im Keuper 533, 539, im Purbeck 598, des Montmartre 675, von Wieliczka 700.
 Gypskeuper 540.
 Gypsschlotten 38, ihre Bildung 197, 219, 220, 322, Einsturz derselben 197, 220, 322, im Zechstein 220, 222, 504.
 Gyrocera 513.
 Gyrodus 590.
 Gyrolapis 528, tenuistriata 545.
 Gyroporella, triadisch 527, 534, 550, 558.
 Gyroporellenkalk, ihre Bildung 273, 308.

H.

Habichtswald 710.
 Hadrosaurus 618.
 Halleflinta 101, in der Gneißformation 376.
 Hängegletscher 246.
 Haffe 241.
 Haidesand 724.
 Haidedorf 30.
 Hakenwerfen 224.
 Halbkristallinische Gesteinsstruktur 22.
 Haliseritenschiefer 440.
 Haliserites Dechenianus 429.
 Halitherium Schinzi 694.
 Haller Schichten 556.
 Hallstätter Kalk 42, 558.
 Halobia Lommeli 552, 553, 555.
 Halobienschichten 552, 555, 563.
 Halorellenschichten 552, 563.
 Halsbandlemming 740.
 Halysites 408, catenularia 409.
 Hamiltongruppe, -schiefer 446.
 Hamites 618, attenuatus 628.
 Hangendes 324.
 Haplocrinus 430.
 Harlech-Grauwacke 402.
 Harmotom in Blasenräumen 210, auf Gängen 212.
 Hornische 331, 349.
 Harpes, silurisch 413, devonisch 431.
 Harpoceras bifrons, lythense 574, Murchisonae, opalinum 582, serpentinum 574, Sowerbyi 583.
 Harte Quellen 498, 216.
 Haselgebirge, petr. Beschr. 114, seine Bildung 304, in der Trias 560.
 Hastingsand 623, 626.
 Haufwerke, lose 408.
 Hauptbuntsandstein 525.
 Hauptdolomit des Zechsteins 504, in der alpinen Trias 578.
 Hauptzeit 714.
 Hauptescrinitenbank 533.
 Hauptgemengteile der Gesteine 19.
 Hauptkrater 127.
 Hauptmuschelkalk 531, 532.
 Hauptquarzit 441, 446.
 Hauptsandstein im Keuper 539.
 Hauterivien 629, 630.
 Hauynbasalt 92.

Hauynporphyr 94.
 Hawkesburyschichten 487, 548.
 Headon Series 673.
 Hebungen des Bodens, säculare 162, Skandinavien 163, abwechselnd mit Senkungen 165, in früheren Zeiträumen 168, als Ursache von Deltabildungen 240.
 Heersien 664.
 Hegau 710.
 Heimbürggestein 637.
 Heiße Quellen, als Zeugen der hohen Temperatur des Erdinneren 10, 144, 157, 160, ihr Mineralgehalt 157.
 Helderberggruppe, obere, untere 446.
 Helianthaster 430.
 Heliopora 616.
 Helix hispida canthensis, tonnensis 735, occulta 674.
 Helladotherium Dufrenoyi 705.
 Hellewalder Estherienschichten 539.
 Helvetian 735.
 Helvetien 693, 702.
 Helvetische Stufe 702.
 Hemiasier 616, Griepenkerli 638.
 Hemicidaris im Malm 589, crenularis 593.
 Hemicosmites im Silur 410.
 Hempstead beds 674, -series 675.
 Hercyn 436, 444, 444, 446.
 Hercynische Gneißformation 379.
 Hermannshöhle 736.
 Hernalser Tegel 698.
 Hersumer Schichten 600, 603.
 Hesperornis 619.
 Heteroceras polyplacum 636, 637, Reussianum 638.
 Heterocoenia 616.
 Heteromorpher Bau der Faltengebirge 174.
 Hettinger Sandstein 578.
 Hexacrinus 430.
 Hierlatzschichten 578.
 Hilfswissenschaften der Geologie 2.
 Hils, Hilsconglomerat, -sandstein 620, 621.
 Hilsthon 620.
 Himmelwitzer Dolomit 532.
 Hippurion 691, 692, 696, 743, gracile 696, 705.
 Hippopotamus 694, major 704, 705, 737, 739.
 Hippotherium gracile 696.
 Hippuriten in der Kreide 617, 636, 639.
 Hippuritenkalk 309, 639, 641, 645.
 Hippurites 647, bioculatus, canaliculatus, cornuacrinum, dilatatus 645, organisans 639, 645, Requieni, Toucasianus 639.
 Hirnantkalk 447.
 Historische Geologie 2, 352.
 Hochgebirge 173, 174, ihre Entstehung 658.
 Hochschnee 35, 245.
 Hochterrasse 731, 739.
 Höhe, absolute, relative und mittlere der Continente 15.
 Höhlen, ihre Entstehung 190, 197, 199, 219, 220, ihre Auskleidung mit Kalk 213, mit

- Quarz und Erzen 214, ihr Zusammensturz 193, 220, im dolomitischen Silurkalk 214, 423, mit Knochen 219, 735—737, 748.
- Höhlenbär 720, 731, 736, 739, 741, 748.
- Höhlenbreccie 735.
- Höhleinsinter 213.
- Hollenmorast 280.
- Höttinger Breccie 730.
- Hohenecker Kalkstein 539.
- Hohlefelder Höhle 736, 748.
- Hohlestein 736.
- Holaster 616, planus 632, 638, subglobosus 632, 638.
- Holocrinus 531.
- Holokrystalline Structur 290.
- Holoptychius 435.
- Holsteiner Sandstein 704.
- Homalonotus 434.
- Homo diluvii testis 702.
- Homoeosaurus 590.
- Homogene Vulkane 151, 287, 340, 707.
- Homoseisten 186.
- Hoplites in der Kreide 618, auritus 628, Eudoxus 600, noricus, radiatus im Neocom 621.
- Hoploparia 618.
- Horae des Kompasses 324.
- Horizontalschub in der Erdrinde 172, 173.
- Horizontalverschiebungen 184, 333.
- Hornblende, Zersetzung derselben 206, als Contactmineral 295, 296.
- Hornblendeandesite, quarzfreie, quarzführende 79.
- Hornblendediabas 86.
- Hornblendefels 46, 106, 376.
- Hornblendegneiß 98, 375.
- Hornblendegranit 59.
- Hornblendenorit 82.
- Hornblende-Plagioklasbasalt 90.
- Hornblendeporphyr 78.
- Hornblendeschiefer 46, 106, als Contactgebilde 298, 299, in der archaischen Formation 376, 382, 385.
- Hornblendesyenit 69.
- Hornblendesyenitporphyr 71.
- Hornblendevogesit 71.
- Hornor Schichten 696.
- Hornfels 297, 298, 448.
- Hornquarzconglomerat des Carbons 471.
- Hornschiefer 102.
- Hornstein, petrogr. Beschr. 45.
- Horste, Horstgebirge, ihre Entstehung 172, 331.
- Hudson-River-Schiefer 423, 425.
- Huminit im Gneiß 378.
- Humphriesianusstufe 585.
- Humussäuren aus verwesenden Pflanzen 265.
- Hundsgrotte 144.
- Hungarites Strombecki 528.
- Hunsrückschiefer 441, 446.
- Huron, Huronische Formation 394.
- Huronia im Silur 443.
- Hvarfvig lera 731.
- Hyaena spelaea 737, 741.
- Hyaenodon 676.
- Hyaline Structur 24.
- Hyalith in Blasenräumen 211.
- Hyalomelan 96.
- Hyalosiderit 95.
- Hyalotragos patella 595.
- Hybodus plicatilis 528, 537, 545, reticulatus 570.
- Hydaspische Stufe der Trias 552.
- Hydrobia acuta 695.
- Hydrochemische Processe 193, 194, 197, 209, hydr. Metamorphismus 345.
- Hydrosphäre 11.
- Hydrotachylit 96.
- Hylaeosaurus 618.
- Hylerpeton 464.
- Hylonomus im Carbon 464; Fritschi im Rotliegenden 494.
- Hymenocaris 400.
- Hymenophyllites 580.
- Hyalolithes im Präcambrium 393, im Cambrium 400, im Silur 412.
- Hyopotamus 675, 679.
- Hyperit 82.
- Hyperodapedon 546.
- Hypersthen-Andesit 79, 110.
- Hypersthenit, petrogr. Beschr. 82.
- Hypidiomorphe Structur 290.
- Hypnum fluitans var. tenuissimum, sarmentosum, groenlandicum 747.

I. J.

- Jakutische Stufe der Trias 552.
- Janira quadricostata, quinquecostata 637, 639.
- Jaspis, petrogr. Beschr. 43.
- Iberger Korallenkalk 446.
- Ichthyornis 619.
- Ichthyosaurus im Lias 568, im Dogger 584, in der Kreide 618.
- Idiomorphe Gesteinsbestandteile 294.
- Jerea 616.
- Jewe'sche Schicht 425.
- Iguanodon 618, 624, 626.
- Ilfelder Schichten 496.
- Ilfracombe-Gruppe 446.
- Iliaenus 444.
- Illinois, sein Kohlenfeld 476.
- Impressathone 600, -schichten 602.
- Inferior Oolite 587.
- Infralias 541.
- Infusorienlager 266.
- Inlanddünen 262.
- Inlandeis 35, auf Grönland 246, 252, der Diluvialzeit 712, 721, 725, 726.
- Inoceramus im Jura, polylocus 583, in der Kreide 617, 620; I. Brongniarti 632, 638, 639, concentricus 628, Cripsi 636, 637, Cuvieri 632, 638, digitatus 636, 638,

labiatus 632, 638, lingua 637, lobatus 636, mytiloides 632, radians 636, striatus 640, subcardissoides 636, 638, sulcatus 628.
 Insecten im Lias 570.
 Inseln 41, Gestade- 41, oceanische 13, vulkanische 14, 434, 437, Koralleninseln 44, 271, tectonische 44, als Reste versinkender Continente 467.
 Inselvulkane 134.
 Insolation, Einfluss auf die Gesteinszer-
 setzung 191, 233, 235.
 Interglacialablagerungen, -zeiten 744, 749, 724, 725, 726, 730, 731, 740.
 Intermittierende Quellen 458.
 Intrusivlager 342.
 Inundationsflächen 230, 238.
 Inzersdorfer Tegel 699.
 Jochgletscher 246.
 Jökellera 716.
 Jordensche Schicht 425.
 John Day-Gruppe 705.
 Irrblöcke, siehe erratische Blöcke.
 Isargletscher 729.
 Isastraea 530, helianthoides 595.
 Isersandstein 643, 650.
 Isocardia cor 701, 723.
 Isoklinalfalten 328.
 Isoklinalthal 229.
 Itacolumit 44, 383.
 Juglans 677, 702.
 Jungquartäre Gebilde 366.
 Jungtertiär 366, 688; siehe Neogen.
 Jungvulkanische Gesteine 286, 288, 707.
 Juraformation 367, 563, schwarzer Jura 367, 563, brauner 578, weißer, oberer 367, 588.
 Juragebirge, seine Entstehung 472, 478, sein Alter 337.
 Juraklippen 640.
 Juraprovinzen 603, 604, 609.
 Juravogel von Solenhofen 593.
 Jurensis-Mergel 575.
 Juvavische Stufe 554, 552, 533, 558.
 Ivrea, seine Endmoränen 729.

K.

Kadlosaurus priscus 494.
 Kännelkohle 54.
 Känozoische Formationsgruppe 364, 366, 658.
 Käsegrotte 344.
 Kaharbarischichten 487.
 Kahleberger Quarzitsandstein 442, 446.
 Kainit im Zechstein 508, im Tertiär 700.
 Kalben der Gletscher 239.
 Kalisalze im Zechstein 505, 509, von Kaluscz 700.
 Kalsilicate, Zersetzung derselben 200.
 Kalk, krystallinischer 40, 479, 294, 295, 296, 378, 385.

Kalkabscheidung aus Quellen 158, 240, 244, 246, in Höhlen 243, durch Pflanzen und Tiere 265, 273, 307—312, aus dem Meere 269, 308.
 Kalkalgen, Kalk abscheidend 273, 308, im Silur 407, im Muschelkalk 327, 534, im Keuper 550, in der alpinen Trias 557, 558, im Tertiär 698.
 Kalkaphanit, Kalkaphanitschiefer 85.
 Kalkcarbonat in heißen Quellen 458, im Dolomit, seine Auflösung 198, in Blasenräumen 210, in Spalten 241, in Höhlen 243, in Quellen 245, in Flüssen 247, im Meere 248, seine Ausscheidung siehe unter Kalkabscheidung.
 Kalkglimmerschiefer, petr. Beschr. 40, 404, 384.
 Kalkhornfels 296.
 Kalkphyllit 383, 384.
 Kalkschlamm der Tiefsee 340.
 Kalksilicate, Zersetzung ders. 200, 210.
 Kalksilicathornfels als Contactgebilde 296, 298, 299, 300.
 Kalksinter 44, als Höhlenauskleidung 213, 249, 733, sein Absatz aus Quellen 158, 460, 246.
 Kalksintersäulen 244.
 Kalkspat, in Blasenräumen 210, auf Gängen 244, 246, in Höhlen 243, 249, als Quellabsatz 246; siehe Kalkcarbonat, Kalkabscheidung und Kalkstein.
 Kalkstein, petr. Beschr. 40, körniger, dichter oder gemeiner 40, 44, dolomitischer, bituminöser 44, 344, oolithischer 44, poröser, erdiger 42, seine Umwandlung in Gyps 442, in Marmor 479, 294—296, seine Auflösung 198, seine Dolomitisierung 199, Höhlen in demselben 243, 249, 735, seine Bildung 270, zoogener 270, 308—344, krystallinischer, in der archaischen Formation 377, 384, im Präcambrium 392, im Cambrium 398, im Silur 406, im Devon 427, im Carbon 450, 465, im Rotliegenden 489, in der Trias 534, im Keuper 535, 539, im Lias 566, im Dogger 578, 579, im Malm 588, 593, 595, mit Asphalt imprägniert 589, in der Kreide 618. Vergl. Kalkcarbonat.
 Kalksteinconglomerat 412.
 Kalksteinriffe 344.
 Kalksulfat in Lösungen 498, 240, 245, 247, im Meere 248, 304, 307.
 Kalktuff, petr. Beschr. 42, Entstehung und Ablagerung 246, 265, im Diluvium 733.
 Kaluscz, Steinsalz von 700.
 Kames 726.
 Kant'sche Theorie 7. 370.
 Kantengerölle, -geschiebe 263, 724.
 Kaolin, petr. Beschr. 413, 416, Entstehung 205.
 Kaolinisierung 304.
 Kaolinsandstein 444, 520.
 Kapselthon 682.

- Karapiti 440.
 Karlsbader Sprudel 457, 458.
 Karneol, Karneolbank im Buntsandstein 525.
 Karnische Stufe 551, 553, 557.
 Karoo-Formation 487, 548.
 Karpathensandstein 621, 646.
 Karren, Karrenfelder, ihre Entstehung 199.
 Karstphänomen 199.
 Karwiner Schichten 474.
 Kaskaskialake 477.
 Kastendolomit 43.
 Kataklastische Breccien 144, 176.
 Kataklastische Breccien 144, 176.
 Kaustische Contactmetamorphose 292.
 Kea 429.
 Kegel, vulkanische 426, 431, 340, 707.
 Kegel'sche Schicht 425.
 Kehlheimer Korallenkalk 600.
 Kelloway 585, 587.
 Kentshöhle 787.
 Keokukkalk 477.
 Keraterpeton im Carbon 464, im Rotliegenden 494.
 Keratophyr 74.
 Kernzonen der Alpen 174.
 Kersantit 77, 291.
 Kesselbrüche 475, 331.
 Kessler Loch bei Thayngen 749.
 Keuper 367, 535, alpin 550.
 Keuperkohle 535, 539.
 Keupermergel 539.
 Keweenaw-Gruppe 394.
 Kies, petr. Beschr. 409, seine Entstehung 237, Kiese im Oligocän 634, im Diluvium 719, 724, 739.
 Kieselgesteine 44.
 Kieselguhr 46, 266.
 Kieselpanzer der Diatomeen im Polierschiefer 46, Gesteine bildend 263, im Diluvium 720.
 Kieselsäure, in heißen Quellen 457, ihre Auflösung und ihr Absatz 458, 160, 203, 205, in Sickerwassern 203, 209, ausgeschieden durch Tiere 266.
 Kiesel sandstein 539.
 Kiesel schiefer, petr. Beschr. 45, im Prä cambrium 322, im Silur 406, im Carbon 450.
 Kiesel sinter, Kiesel tuff 46, seine Bildung 457—460.
 Kieserit 37.
 Kieserit region von Stassfurt 507.
 Kiesige Bleierzgänge 388.
 Kilanea, Mt. 429, 434, 443, 447.
 Kimberley stock 339, -schichten 487.
 Kimberlit 339.
 Kimmeridze 593, 600, 603.
 Kinderhook-Gruppe 477.
 Kinzigit, petr. Beschr. 99.
 Kirkdale Höhle 737.
 Klastische Gesteine 24, 108, ihre Entstehung 302.
 Klaus-Schichten 588.
 Klein'sche Flüssigkeit 25.
 Klimazonen im Jura 603, in der Kreide 619, 629, 639, 659, ihre Herausbildung 690.
 Klinge, Torflager von 720, 735.
 Klingstein, petr. Beschr. 74 (s. Phonolith).
 Klippenbreccien 600.
 Klippenkalk 609.
 Kluftquellen 224.
 Knickungen, zickzackartige, der Schichten 329.
 Kniefalten 330.
 Knistersalz 36, 700.
 Knochenbreccie 114, ihre Bildung 309, im Silur 415, im Keuper 344, im New red sandstone 545, im Diluvium 737.
 Knochenfische, erste 618.
 Knochenhöhlen 219, 735—737, mit Spuren des diluvialen Menschen 745—750.
 Knochenlehm von Pikermi 705.
 Knochen sand von Eppelsheim 693, 696.
 Knollensteine 111, 680.
 Knorria im Devon 429, im Carbon 457, 470.
 Knotenglimmerschiefer als Contactgestein 297.
 Knotengrauwacken 299.
 Knotenkalk siehe Kramenzelkalk.
 Knotenschiefer 105, als Contactgestein 297, 299.
 Knotenthonschiefer, als Contactgestein 297.
 Knottenerz 521.
 Kobalterzgänge im Urschiefer 389, im Zechstein 508.
 Kobaltvitriol 202.
 Kochsalz in Flüssigkeitseinschlüssen 33, als Steinsalz 36, als Sublimationsproduct 443, im Meere 302, 304, in Salzseen 304, 305.
 Köpinger Sandstein 649.
 Körnige Gesteinsstruktur 22, 290.
 Kößener Schichten 560.
 Kohlen 54, ihre Entstehung 273; s. unter Kohlenbecken, Kohlenflöze, Braunkohlen und Steinkohlenflöze.
 Kohlenbecken von Großbritannien 467, von Belgien und Aachen 469, von Westfalen 469, von Osnabrück, Saarbrücken 470, von Wettin 471, von Zwickau und Lugau 472, von Ober- und Niederschlesien 473, von Brunn 474, vom Donetz 475, von Frankreich 475, von Nordamerika 476, von China 476.
 Kohlenbildende Pflanzen 277, 278, 452, 477, 540, 623, 683.
 Kohlen culm 466, 467.
 Kohleneisenstein 44, im Carbon 454.
 Kohlenflöze im Silur 407, im Devon 429, im Carbon 454, 466—480, im Rotliegenden 490, 495, 496, 497, im Keuper 535, 539—542, 546, im Lias 566, 578, im Dogger 580, in der Kreide 614, 623, im Wealden 652, im Oligocän 675, 677,

- 680—688, im Mlocän 695, 704, interglaciale 730.
- Kohlenformation, productive 368, 449.
- Kohlengebirge 466, flötzarmes 495, wildes 497.
- Kohlengesteine, Familie der 50, ihre Unterscheidungsmerkmale, 52, ihre Entstehung 275, ihre Contactmetamorphose 293, 477, 680.
- Kohlenkalk 434, 464, 465, 466, oberer 467—469, 474.
- Kohlenkeuper 539, 540.
- Kohlenletten 535, 539.
- Kohlensandstein 450.
- Kohlensäure, als Gesteinseinschluss 33, als vulkanisches Product 440, 444, 457, 284, in den Sickerwassern 194, 203, 212, als Zersetzungsmittel 203, 212, 215, durch Verwesung von Pflanzen und Tieren entstehend 194, 265, 267, 274, 274, 278, endogene 311, in der Kohle 274, in der Atmosphäre 194.
- Kohlensaurer Kalk, in heißen Quellen 158, in den Sickerwassern 194, seine Auflösung 198, im Dolomit 119, in Quellen 216, in Flüssen 217, Ausscheidung 203, 209, 214, seine Ausscheidung durch Organismen 265, 269, 307—312. Vergl. Kalkcarbonat, Kalkspat und Kalkstein.
- Kohlenstoff in den Kohlengesteinen 50, 273, absorbiert im Erdkern 456.
- Kohlenstoffeisen 10.
- Kohlenwasserstoff als Reduktionsmittel 267, aus Pflanzen entstehend 267, 276, 278, als vulkanisches Product 284.
- Kohrnit 420.
- Kok, durch Contactmetamorphose erzeugt 293.
- Kompass, seine Benutzung 324.
- Kongsberg 389.
- Koninckina Leonardi 556.
- Koninckinenschicht 576.
- Kootanie-Gruppe 626, 653.
- Koprolithen 309, im Keuper 540.
- Korallen, Lebenssphäre derselben 467, kalkabscheidend 270, 309.
- Korallenbauten als Beweise für Senkungen 467, als tierische Kalkausscheidungen aus d. Meere 270.
- Korallenfacies des Devons 439, 446, des Malm, 604, 602.
- Koralleninseln 44, 274, ihre Bildung als Beweis für Senkung des Meeresbodens 467.
- Korallenkalk, petrogr. Beschr. 41, seine Bildung 274, 309, im Silur 408, im Devon 439, 442, 446, im Dogger 585, 586, im Malm 588, 589, 595, 604, 602, 603, in der Kreide, von Faxe 616, 636.
- Korallenkreide 613.
- Korallenmergel 724.
- Korallenoolith 600, 603.
- Korallenriffe 467, 274, in der alpinen Trias 557, 558, im Malm 589, 595, 604, 602, in der Kreide 616.
- Korallensand, 274, 749, 724, 725.
- Korycaner Schichten 632.
- Kounovae Schichten 498.
- Krakatau 426, 446, 489, 261.
- Kramenzelkalke 427, 442, 446, 485.
- Krater 427, hufensförmige 430.
- Kraterinseln 134.
- Krebse, breccienbildend 266.
- Krebsscherenplatten 604.
- Kreide, petrogr. Beschr. 42, zoogen 308, in Marmor umgewandelt 294.
- Kreideformation 367, 614, untere 620, obere 631.
- Kreidemergel 643, 632.
- Kreidetuff, seine Bildung 108, 613, von Maastricht 617, 634, 636, 647.
- Kreuznacher Schichten 494.
- Krosstengruss, Krosstenslera 258, 716.
- Kryptokrystalline Structur der Gesteine 22.
- Krystalle, zerbrochene 71, fremde als mikroskopische Einschlüsse in K. 30.
- Krystallgruppen 20.
- Krystallhöhlen 214.
- Krystallinische Gesteine 22, 54.
- Krystallinischer Quarzsandstein 44, 110, im Buntsandstein 520.
- Krystallinische Schichtenreihen, Genesis 309, 316.
- Krystallinische Schieferformation 384, ihre Entstehung 512.
- Krystallisierter Sandstein 411.
- Krystallkeller 214.
- Krystallsandstein 44.
- Krystalltuffe 420, im Rotliegenden 499.
- Küsten, säculare Hebungen ders. 162, Senkungen ders. 466, 241, Zerstörung ders. 242.
- Küsteninseln 13.
- Küstenriffe 271.
- Kugeldiorit, petrogr. Beschr. 77.
- Kugelgranit 59.
- Kugelige Absonderung 344.
- Kugelporphyr 66.
- Kugelporphyr, petrogr. Beschr. 63.
- Kupfer, gediegenes im Melaphyr 268, 393, durch Reduction entstanden 268, am Lake Superior 393.
- Kupfererzgänge, -lagerstätten in den arch. Format. 378, 379, 384, 389, im Silur 406, im Devon 428, im Rotliegenden 494, im Zechstein 504, 506, 508, 512, im Buntsandstein 521, im New red sandstone 548.
- Kupferglanz, seine Bildung 268.
- Kupferkies, seine Bildung 202, in der Gneißformation 378, in der Glimmerschieferformation 384, im Devon 428.
- Kupferkniest im Rammelsberg 428.
- Kupferlettenflötz des Zechsteins 506.
- Kupfersandstein 268, 512.

Kupferschiefer 118, 222, 501, Entstehung seines Erzgehaltes 268.
Kupfervitriol 202.
Kuppelförmige Schichtenlage 329.
Kuppen, vulkanische 151, 340, 707.
Kuppenvulkane, ihre Entstehung 151.

L.

- Laach, sein Vulkangebiet 184, 186, 707.
Laacher Schichten 470.
Labiatusmergel, -pläner, -quader 643, 650.
Labrador, Zersetzung desselben 206.
Labradorporphyrit 87.
Labyrinthodonten im Rotliegenden 493, im Buntsandstein 522, im Keuper 537, in der amerik. Trias 547, L. Rüttimeyeri 522.
Laccolithen 152, 289, 339.
Lacopteris 623.
Ladinische Stufe 555.
Laëkenien 664.
Längsbeben 190.
Längsspalten der Gletscher 247.
Längsthäler 229.
Längsverwerfungen 330, 333.
Lagenförmige Structur 347.
Lagenglimmerschiefer 103.
Lagengneiß 97.
Lager 320, von Eruptivgesteinen 287, 338, 341, im Präcambrium 392, im Silur 421, Devon 439, im Carbon 480, im Rotliegenden 498, in der Trias 561.
Lagergänge 342.
Lagergranit 375, 386.
Lagerstätten d. Erze, siehe Erzlagerstätten.
Lagersyenit 386.
Lagerung, durchgreifende 287, 337, 349, überkippte 326, synklinale, antiklinale, gefaltete 325, 328, bassin-, kuppel-, kahnförmige 329, gleichförmige (concordante), ungleichförmige (discordante) 333, übergreifende 243, 334; s. Auf-, Ein-, Überlagerung.
Lagomys pusillus 741, Sardus 787.
Lagopus albus 740.
Lagune 244.
Lagunenriffe 271.
Lake Superior, Melaphyr mit ged. Kupfer und Silber am, 393, Algonkium am 393.
Lamberti-Thone 584.
Lamna 618, 702.
Lamprophyr, syenitischer 71, dioritischer 77.
Land, seine Verteilung auf der Erdoberfläche 11.
Landenien 664.
Landschneckenkalk 695.
Laosaurus 592.
Lapilli, petrogr. Beschr. 109, Entstehung 144.
Laplace's Hypothese 7, 370.
Laramiegruppe 653.
Lateralsecretion 213.
Lateralverschiebung 333.
Laterit 117, seine Bildung 208.
Latimaendra 531, 616.
Laubbölzer, erste, in der Kreide 615, 626, 632, 653, 660, 673, 677, 683, 689.
Laumontit in Blasenräumen 210, auf Gängen 212.
Laurentische Formation 374.
Laurus in der Kreide 615, 632, im Oligocän 675.
Lava 67, 147, trachytische 72, andesitische 79, basaltische 94, 94, 96, mehrlartige, lose, blockartige, wulstig-runzelige, zackig-zerrissene 149, Emporwallen, Zersprätzen derselben im Krater 143—145, 149, Eruption derselben 129, 144, 147, Fortbewegung der Lavaströme 147, Wärmeleitungsfähigkeit, Wassergehalt ders. 149, ihr Gehalt an Gasen 156.
Lavagänge in Vulkanen 130—132.
Lavakegel 129, 147.
Lavaströme 129, 130, 131, 340, der Eifel 707, von Laach 707, 708.
Lebacher Schichten 194.
Leberschiefer 525.
Lecanocrinus im Silur 410.
Lechgletscher 729.
Leda Deshayesiana 685, 694, perovalis 683, pygmaea 704, truncata 726.
Ledathon 733.
Ledburyschiefer 117.
Lederschiefer 421, 425.
Lehestener Schiefer 478.
Lehm, petrogr. Beschr. 117, Entstehung 303.
Lehrberger Schicht 539.
Leia, im Carbon 463.
Leimitz-Schiefer 421, 425.
Leiodermaria 454.
Leitfossilien 361.
Leithakalk 698.
Lemming 741.
Lenneporphyr 121.
Lenneschiefer 438, 440, 446.
Lenticuläre Einlagerungen 320, 376, 384.
Leperditia, cambrisch 400, silurisch 415.
Lepidodendron im Devon 429, im Carbon 454, 456, 467, in der Dyas 491.
Lepidophloios 456.
Lepidopteris Ottonis 539, Stuttgartiensis 535.
Lepidospongia rugosa 637.
Lepidostrobus 456.
Lepidotus gigas 570, Mantelli 624, maximus 590.
Leptaena im Silur 410, im Lias 568.
Leptaenakalk 419, 425, -schicht 576.
Leptolepis 590, 598.
Leptoria 639.
Lepus variabilis 741.

- Letten, bunte, im Rotliegenden 489, im Zechstein 504, im Buntsandstein 520, 523, im Keuper 535, 539.
 Lettenkohle 535, 539, 540.
 Lettenkohlengruppe 539, 540.
 Lettenkohlsandstein 539, 540.
 Leucht mit Mikrolithen 30, 31, 93.
 Leucitbasalt, petrogr. Besch. 89, 93.
 Leucitfels 94.
 Leucitgesteine 73.
 Leucitit 89, 93.
 Leucitophyre 75, 93.
 Leucitphonolith 75.
 Leucittephrite 25.
 Leucittrachyt 75.
 Leucituff 123, von Laach 708.
 Leukophyr 86.
 Leukoxen 84.
 Lewisian 395.
 Lherzolith 96.
 Lias 367, 566.
 Libellen in Flüssigkeitseinschlüssen 33, im Steinsalz 36.
 Libocedrus 677.
 Liburnische Stufe 644.
 Lichas 416.
 Liebenerrit-Porphyr 73.
 Liegende Falten 326.
 Liegendes 321.
 Ligérien 639, 643.
 Lignit, petrogr. Besch. 50, im Oligocän 680.
 Lima elongata 638, glgantea 536, 570, lineata 528, praecursor 536, semisulcata 637, striata 528.
 Limburgit 95, im Tertiär 710.
 Limmatische Gesteine 445.
 Limnaeus im Purbeck 598, longiscatus 674, stagnalis 720, ovatus 724.
 Limnerpeton 494.
 Linnische Facies 360.
 Limulus im Carbon 463, Decheni 682.
 Lindenthaler Hyänenhöhle 737, 749.
 Lineare Erdbeben 485.
 Lingula 393, 400, 410, Credneri 502, 503, tenuissima 523, 537.
 Lingula flags 402.
 Lingulella 400.
 Linsenförmige Einlagerungen 320, 376, 384.
 Linthgletscher 728.
 Liodon 618.
 Liparit, petrogr. Besch. 66, 68, Entstehung 288, im Tertiär 707.
 Liparitbimsstein 69.
 Liparitgläser 63.
 Liparitkegel 454, 707.
 Liparitobsidian 69.
 Liparitpechstein 68.
 Liparitperlit 68.
 Liquidambar europaeum 704.
 Liriodendron 702.
 Lithionitgranit 59.
 Lithodomus lithophagus 465.
 Lithographische Schiefer von Solenhofen 588, 597, von Nusplingen 595, 604.
 Lithoid 67.
 Lithophysen 63, 66.
 Lithosphäre 44.
 Lithostrotion basaltiforme 459.
 Lithothamnien, Kalk abscheidend 273, 308, 698.
 Litoralbildungen 243, 303.
 Litorale Facies 360.
 Litorinella acuta, inflata, ventrosa 695.
 Litorinellenkalk, -thon 695.
 Litteratur, geologische 2.
 Littorina littorea 723.
 Littorinaschichten 724.
 Lituites im Silur 413.
 Llandeilo flags 417, 423.
 Llandovery-Stufe 417, 423.
 Llarnvirn-Schiefer 425.
 Loa 429.
 Localfacies der Grundmoräne 358.
 Lochfelsen 604.
 Locustiden, carbonische 463.
 Löß, seine petrogr. Besch. 417, seine äolische Bildung 263, im Diluvium 737, jüngerer, älterer 738, 739, Chinas 264.
 Lößbecken, ihre Bildung 264.
 Lößkindel, -lehm, -sand 24, 417, 737.
 Lösungen von Mineralien, ihre Bildung 457, 495, 497, 203.
 Londonthon 665.
 Longitudinale Dislocationsbeben 490.
 Lonsdaleia 459.
 Lophiodon 674, 673, 675, 679.
 Loup Fork-beds 705.
 Lower greensand 621, 632.
 Lower new-red-sandstone 541.
 Lower oolites 587.
 Loxolophodon 661.
 Loxonema, silurisch 442, carbonisch 463, im Zechstein 504.
 Lucina im Silur 412, im Devon 432, concentrica, mutabilis 668, plana 585, saxorum 668.
 Lucinenbank 585.
 Ludlow-Group 417, 423.
 Lübtheener Sand 693.
 Lücken in der Schichtenreihe als Beweis für Oscillationen 169.
 Luftatmende Tiere, die ersten 463.
 Luftsättel 325, 328.
 Lugauer Kohlenfeld 472.
 Lumachellen, ihre Bildung 266.
 Lunzer Sandstein 558.
 Luxemburger Sandstein 578.
 Luzern, sein Gletschergarten 235.
 Lyckholmsche Schicht 423.
 Lycosaurus 549.
 Lydit, petr. Besch. 45.
 Lyme Regis 570.
 Lyntongruppe 446.
 Lyra 616.

Lytoceras fimbriatum, jurense 574, *torulosum* 582.

M.

Maare 436, 339, 744, von Laach 707, Randecker, von Urach 744.
Macaluba 280.
Machairodus cultridens 705.
Machimosaurus 390.
Macigno 646, 672.
Maclurea 400, Logani 442.
Macrocephalenstufe 584, 587, 588.
Macrocephalites macrocephalus 584.
Macrocheilus obovatus im Devon 432.
Macrocephalites Yvoni 629.
Macrospondylus 569.
Macroslachya 452.
Maetra subtruncata 720.
 Mächtigkeit der Schichten 319, 325.
 Maentwrog 402, 403.
 Markische Braunkohlenformation 688.
 Maestrictien 639, 643.
Magas 616, *pumilus* 636.
 Magere Steinkohle 34.
 Magma des Erdinneren 41, 156, 157, 284, seine Spaltung 290.
 Magmabasalt 95.
 Magnesiicarbonat im Dolomit, seine Auslaugung 200, im Flusswasser 217, seine Abscheidung aus dem Meere 305, 311.
 Magnesian Limestone 544.
 Magnet Eisen 49, seine Umwandlung in Rot-eisenerz 204, als Contactmineral 295, 296, in der Gneißformation 378, im Prä-cambrium 394, im Devon 442.
 Magnetseisand 109, -stein 49, 378, 394.
 Magnetkies in der Gneißformation 378.
 Magnolia in der Kreide 615.
 Mainzer Becken 692, 695, M. Stufe 702.
Majolica 646.
 Makrokrystallinische Gesteinsstruktur 22.
 Malm 588.
 Malmstein 576.
 Mammaliferous Crag 703.
 Mammot 720, 731, 740, 744.
 Mandeln 21, 24, 210, 288, im Diabas 85, im Melaphyr 88, im Basalt 94.
 Mandelsteine, siehe unter Mandeln.
 Manebacher Schichten 496.
 Manganerze 64, im Rotliegenden 500.
 Manganit im Zechstein 500.
 Mangansuperoxyd im Tiefseeschlamm 303.
 Mansfelder Kupferschiefer 222, 504.
 Mantelförmige Umlagerung 334.
Manticoceres intumescens 434, 439, 446.
 Marcellus-Schiefer 446.
 Marine Facies der Formationen 359.
 Marlecker 21.
 Marmolatakalk 557.

Marmor, petr. Besch. 40, seine Entstehung aus dichtem Kalkstein 179, 294—296, 298, 300.
Marsupites 616, *ornatus* 636, 637.
 Maschenstructur im Serpentin-Olivin 207.
 Massenanhäufung in den Senkungsfeldern 475.
 Massendefecte in den Gebirgen 475.
 Masseneruptionen 134, 155, 659, 707.
 Massengesteine 56, 57.
 Massige Gesteine 25, ihre Classification 54, ihre tabellarische Übersicht nach Zirkel 56, ihre Genesis 283, ihre Lagerungsformen 337, ihre Absonderungsformen 344.
 Massige Structur 25, bei Eruptivgesteinen 286.
 Massige Vulkane, ihre Entstehung 154, 155, ihre Structur 153.
 Massivs 289, 339.
Mastodon 691, 742, 743, *arvernensis* 700, *giganteum*, *longirostre* 696.
Mastodontosaurus giganteus 537, 540.
 Mastrichter Kreide 636, 646, 647.
 Matratzenförmige Verwitterung 204.
 Mauthner Schichten 425.
 Mayencien 693.
 May Hill-Sandstein 447, 423.
 Mechanische Thätigkeit des Wassers 194, 222, 226, des Meeres 244.
 Mecklenburgian 725.
 Medina-Sandstein 422, 425.
 Mediterran-Stufe 696, 698, mediterrane Triasprovinz 552, m. Juraprovinz 603, 604, mediterranes Tithon 597.
Medlicottia 543.
Medullosa stellata im Rotliegenden 492.
 Meekoceras beds 552, 562.
 Meer, seine Verteilung auf der Erdoberfläche 41, sein Becken, Boden, Grund, seine Tiefe 46, sein Salzgehalt 304, sein Mineralgehalt 247, 218, 310, seine zerstörende, transportierende und wiederabsatzende Thätigkeit 244—242, seine Absätze 303.
 Meeresbeben 188.
 Meeresboden, -grund, seine Senkung 467.
 Meeresmolasse, untere 676, 677, obere 702.
 Meeressand 678, von Weinheim 694.
 Meeressaurier im Muschelkalk 528, im Lias 564, 568.
 Meeresspiegel als Vergleichshorizont 462, seine Niveauveränderungen 170.
 Meeresterrassen Norwegens, Schottlands 464, 242, 723.
 Meereswasser, in die Tiefe injiciert 156, sein Mineralgehalt 247, 218, 304.
Megaceros euryceros, *Ruffii* 720, 744, *hibernicus* 735.
Megalaspis 446.
Megalodon cucullatus 432.
Megalodus triquetus 564.
Megalonix 705, 742, 743.

- Megalosaurus 618, 624.
 Megaphyllites Jarbas 557.
 Megaphytum, im Carbon 454.
 Megatherium 742, 744.
 Megerle 616, pectunculus 593.
 Mehlartige Lava 149.
 Meißner 453, 293, 709.
 Melanerpeton pulcherrimum, pusillum 494.
 Melania inquinata 665, laurae 678, strombiformis 624, turritissima 674.
 Melanienkalk 678.
 Melanopsis Martiniana 699.
 Melaphyr, petr. Beschr. 87, mit Mandeln 88, 240, Entstehung 288, im Präcambrium 393, im Carbon 480, im Rotliegenden 498, im New red sandstone 547, in der alpinen Trias 561.
 Melaphyrbomben 289, im Carbon 484, im Rotliegenden 500.
 Melaphyrbreccien 500.
 Melaphyrconglomerate im Carbon 480, im Rotliegenden 500.
 Melaphyrmandelstein, petr. Beschr. 88, Entstehung 240.
 Meletta 672.
 Melierte Erze im Rammelsberg 429.
 Melilithbasalt 89, 94.
 Melocrinus, silurisch 410, devonisch 430.
 Melonites 461.
 Mendoladolomit 534.
 Menevian-Schichten 402, 403.
 Mensch der Diluvialzeit 746—754.
 Mergel, petr. Beschr. 117, Entstehung 303, im Buntsandstein 520, im Muschelkalk 525, 534, im Keuper 535, 539, im Lias 566, im Dogger 579, im Malm 589, in der Kreide 613.
 Mesopithecus 705.
 Mesozoische Formationsgruppe 364, 367, 515, Rückblick auf dieselbe 656.
 Metallcarbonate, ihre Entstehung 202, ihre Zersetzung 212.
 Metalle, ihre Umwandlung 202, ihre Entstehung durch Reduction 268.
 Metalloxyde, ihre Bildung, ihre Zersetzung 202.
 Metallsalze in Lösung 202, ihre Zersetzung 213, ihre Reduction 267, 268.
 Metall-silicate, ihre Zersetzung 212, 213.
 Metallsulfate, ihre Entstehung 202, 212, ihre Reduction 202, 267.
 Metamorphose der Gesteine durch vulkan. Dämpfe 177, 178, tectonische, Dislocations- oder Stauungs-M. 178, allgemeine oder Regional-M. 178, 313, plutonische 313, tectonische 178, 314, hydrochemische 313, durch Eruptivgesteine 294—300.
 Metopias diagnosticus 537.
 Meudon, Mergel von 668.
 Meulières de Montmorency 676.
 Miascit 73.
 Michelinia 459.
 Mickwitzia 400.
 Micopsammit 444.
 Micrabacia 616, coronula 639.
 Micraster 616, 640, breviporus 632, 639, corangulum 636, 639, cortestudinarium 632, 639, glyphus 636, 637.
 Micrasterkreide 639.
 Microbrachis 494.
 Microdon 590.
 Microlestes antiquus 537, 541, 545.
 Micronodon tenuirostris 547.
 Mikrobreccienstructur 99, 102, 176, 179.
 Mikrochemische Reactionen 27.
 Mikrofelsit, mikrofelsitische Structur 62.
 Mikrofluctuationsstructur 23, 32, 68, 287, 288.
 Mikrogranit, porphyrischer 60, 294.
 Mikroklingeneiß 98.
 MikrokrySTALLINE Structur 22, 62.
 Mikrolithe 23, concentrisch-zonale Anordnung 30, 31.
 Mikropegmatit 60.
 Mikroperthit 99.
 Mikroskop, seine Anwendung in der Petrographie 25, 27.
 Mikroskopische fremde Einschlüsse in den Gesteinsbestandteilen 28.
 Milliola 616.
 Milliolitenkalk, seine Bildung 308, im Eocän 668.
 Millericrinus 589.
 Millstone grit 466, 468, 474.
 Mimoceras 439.
 Mineralabsätze in Drusen und Blasenräumen 240, auf Spalten 244, 344, in Höhlen 213, durch Quellen 245, 246.
 Mineralgänge, ihre Bildung 175, 244, 344, Material und Structur ders. 346, ihre Andauer, ihr Aufsetzen 349, im Gneiß 378, im krystall. Schiefer 384, 386, im Silur 406, im Devon 428, 446, 448, im Carbon 451, 480, im Rotliegenden 490, 500, im Zechstein 504, 506, im Buntsandstein 521, 526, im New red sandstone 548, in der Kreide 655.
 Mineralquellen 444, 457, ihre Entstehung 193, 209, Gangbildung durch sie 243, ihre Absätze 157, 160, 211, 215—217.
 Mineralsolutionen, ihre Entstehung 193, 195, 197, 202, 203, 209, Absätze aus denselben 210, in Spalten, Höhlen 210—213, 344, an der Erdoberfläche 215, 216, in Flüssen 247, im Meere 248, metamorphosierender Einfluss 499, 345.
 Mineraltrümer 244.
 Minerogene Sedimentärgesteine 301, 302.
 Minette, petr. Beschr. 71, Entstehung 288, 291.
 Minimusthon 628.
 Miocän 366, 680, 688, 695, 696, 700, (von Mainz) 692, (von Norddeutschland) 700, (von Oberschlesien, der Schweiz und Südbayern) 702.

Mississippi, sein Delta 241.
 Missouri-Kohlenfeld 476.
 Mittelcambrium 404, 402, 403.
 Mitteldevon 436, 439, 446.
 Mitteleocän 665, 668, des Elsass 678.
 Mitteleuropäische Juraprovinz 604, 603.
 Mittellauf der Flüsse 231.
 Mittelmoränen 234.
 Mitteloligocän 675, 676, 678, 685, 694.
 Mittelpläner, -quader 643, 650.
 Mittelschenkel der Falten 326.
 Moa im Diluvium 745.
 Modiola hirudiniformis 522.
 Mofetten 140, 141.
 Molasse, Molassenformation von Etrechy, der Schweiz 676, rote 677, graue 702.
 Mollusken, kalkabscheidend 272, 309.
 Monodonta Cassiana 535.
 Monograptus 410.
 Monotis Albertii 532, salinaria 557, 559, 560.
 Monotiskalk 532, -schichten 552, 563.
 Montana-Gruppe 653.
 Monte Bolca, Kalkschiefer 674.
 Monte Nuovo 131.
 Monte Somma 132, 145.
 Montlivaultia im Muschelkalk 531, sessilis im Malm 595.
 Montmartre, Gyps dess. 675.
 Monzonit 70, seine Contactmetamorphose 295, in der alpinen Trias 564, 562.
 Moorkohle 50, 680.
 Moose, Kalktuff bildend 266, Torf bildend 277, in der Culturschicht von Schussenried 746.
 Moostorf 50, 277.
 Moränen 253, diluviale 716, 721, 725, 726, 729, 731, 732.
 Moränen-Amphitheater von Como, von Ivrea 729.
 Moränenlandschaft 720, 729.
 Moränenmergel 724.
 Mosasaurus 618, 637.
 Mosbacher Sande 739.
 Moschusochse 741.
 Mucronatenkreide 637, 642.
 Mühlsteinporphyr, petrogr. Beschr. 63.
 Mündermergel im Purbeck 598, 600, 603.
 Münstergewand 482.
 Münzenberger Blättersandstein 694.
 Muggendorfer Höhle 736.
 Mulden, Muldenlinie 325.
 Murbrüche 237.
 Murchisonaestufe 585.
 Murchisonia, silurisch 412, devonisch 432, triadisch, Blumi 556.
 Murex aquitanicus 696, 704, asper 667, octonarius 704, plicatus 702.
 Muschelbänke, gehobene 164, als Kalkabscheidungen aus dem Meere 272, im Diluvium 724.
 Muschelkalk 367, 535—535, alpinen 554.
 Muschelsand, seine Bildung 266.

Muschelsandstein 526, 533, 702.
 Muschelthon, arktischer 164, 163, 719, 723, 725.
 Muscovitgneiß 98, 375.
 Muscovitgranit 59.
 Muscovitschiefer 103, 382.
 Mustela 748.
 Mya arenaria, truncata 723.
 Myacites musculoides 528, fassensis 554.
 Myalina im Silur 412.
 Mylodon 742, 743.
 Myodes lemmus, obensis, torquatus 740.
 Myophoria cardissoides 528, costata 522, 554, elegans 536, Goldfussi 534, 536, 540, Kefersteini 557, laevigata, orbicularis 528, pes anseris 534, postera, Raibiana 536, 540, simplex 534, Struckmanni, transversa 536, vulgaris 528, 536.
 Myophorienschichten 554.
 Mystriosaurus 569.
 Mytiloides-Pläner 638.
 Mytilus edulis 723, 726, Faujasi 695, Hausmanni 103, socialis 694.
 Mytilusbänke von Tarbeck 720, 724.

N.

Nadelkohle 50.
 Nagelflue, petr. Beschr. 113, in der Molasse 677, diluviale 734.
 Nagelkalk 567.
 Naphtha 53, Entstehung 276, 279.
 Nassa pygmaea 687, reticulata 725, tenuistriata 701.
 Natica, im Zechstein 504, triadisch, gregaria 528.
 Naticella costata 554.
 National Park-Geysirs 157, 160.
 Natrolith in Blasenräumen 210, 211.
 Natroncarbonat, seine Bildung 203, 205, 215.
 Natronfeldspat, Zersetzung desselben 203, 205, 215.
 Natronglimmerschiefer 103.
 Natrongranit 59.
 Natronsilicate, Zersetzung derselben 203, 205, 215.
 Nattheimer Korallenkalke 595, -Schichten 600, 604.
 Natürliche Züchtung 355.
 Nautilus, silurisch 413, carbonisch 461, im Zechstein 504, im Muschelkalk bidorsatus 528, in der Kreide danicus 636.
 Nebengemengteile der Gesteine 20.
 Nebengestein der Gänge durch Eruptivgesteine metamorphosiert 294.
 Nebenkegel, Nebenkratere 127, 131, 137, 147.
 Necks 289.
 Negative Verschiebung der Strandlinie 174.
 Nehdener Schiefer 439, 446.

- Nehrungen 244.
 Neocom 367, 620.
 Neogen 366, 688, des Mainzer Beckens 692, 693, des Wiener Beckens 696, von Norddeutschland 700, Bayerns und der Schweiz 702, Englands 703, Nordamerikas 705.
 Neovulkanische Gesteine 286, 288, 707.
 Nephelin, seine Zersetzung 244.
 Nephelinbasalt 89, 92, 709, 710.
 Nephelindolerit, petrogr. Beschr. 92, von Lobau, des Katzenbuckels 710.
 Nephelingesteine 73.
 Nephelinite 82, 89.
 Nephelinsyenit 73.
 Nephelintephrite 95.
 Nephrit 46, in der Gneißformation 376.
 Nereiten im Cambrium 400, im Devon 443, 446.
 Nereitenschichten, -schiefer 443, 446.
 Nerinea 590, 620, 639, bruntrutana, pyramidalis, tuberculosa 595, visurgis 603.
 Nerineenschichten 590, 600, 603.
 Neritina concava 674.
 Nester 22.
 Neuropteris im Devon 429, im Carbon 454, im Rotliegenden 490, im Muschelkalk, Gaillardoti 527, im Dogger 580.
 Nevadit 67.
 Newcastle-Steinkohlenformation 487.
 New Red Sandstone Englands 545, Nordamerikas 546.
 Niagarafälle, ihr Zurückschreiten 227, ihre erodierende Tätigkeit als Zeitmaß 284.
 Niagarakalkstein 422, 425.
 Niederrheinisches Tertiär 679.
 Niedersächsisches Kreidegebiet 617.
 Niederschlesisches Steinkohlenbecken 473, n. Oligocänbucht 679.
 Niederschöna, seine pflanzenführenden Schichten 645, 632.
 Niederterrasse 731, 739.
 Nil-Delta 210.
 Ninety fathom dyke 483.
 Nitratgesteine 36.
 Niveauveränderungen des Bodens 462, 240, in Skandinavien 163, 164, Serapistempel 465, durch Korallenbauten bewiesen 467, 267, in vergangenen Perioden 168, zwingen zu Wanderungen der Floren und Faunen 169, 170, 356, 704, in der Juraformation 599, in der Kreideformation 615, 622, im Tertiär 658, im Diluvium 723, (siehe Oscillationen).
 Nodosaria im Zechstein 503, in der Kreide 616, 634, im Oligocän 685.
 Nodosenkalk 533, -schichten 531.
 Nonionina 616.
 Nordamerikanisches Präcambrium 393, Cambrium 402, 405, Silur 422, 425, Devon 445, 446, Carbon 476, Perm 512, New red sandstone-Formation 546, Kreide 552, Tertiär 672, 705, Glacialgebiet 731, 742.
 Norddeutsche Braunkohlenformation 680, 688; norddeutsches Glacialgebiet 712.
 Nordische Geschiebe, Grundmoräne 716, 717, 724, 725.
 Norfolkian 726.
 Norische Stufe 551, 552, 553, 555, 558.
 Norit, petrogr. Beschr. 82, seine Entstehung 289.
 Noritpechstein 83.
 Noritporphyril 83.
 Normalgefallcurve der Flüsse 234.
 Norwegische Küste, ihre Niveauveränderungen 462, 463, 723; n. Gletscher 252.
 Norwich crag 703.
 Nothosaurus im Muschelkalk, mirabilis 528, 530, latifrons 529, im Keuper 537, 540.
 Nova Scotia, sein Kohlenfeld 476.
 Nucula im Devon 432, im Carbon 462, amygdaloides 666, Chasteli 685, Hammeri 582, lineata, strigilata 536.
 Nulliporenkalk, seine Bildung 308.
 Numismalenmergel 576, 577.
 Nummulitenformation, -schichten 670.
 Nummulitenkalk 41, seine Bildung 308, 379, im Eocän 670, 674.
 Nummulites im Eocän 670, laevigatus 667, 668, nummularius 670, planulatus 667, 668, Puschi 670, scaber 668, 670.
 Nunataker 246, 252.
 Nusplinger Kalkplatten 595, 600, 601.
 Nyrschaner Schichten 498.

O.

- Obercambrium 401, 402, 403.
 Obercarbon 466, 467, 474.
 Oberdevon 436, 439, 441, 443, 446.
 Obere Kreide 631.
 Obereocän 667, 670, 678.
 Oberer Geschiebelehm 724, 725.
 Oberer Jura 588.
 Oberhöfer Schichten 495.
 Oberlauf der Flüsse 234.
 Oberoligocän 675, 676, 678, 687.
 Oberquader 643, 650.
 Oberschlesisches Kohlenbecken 473, Blei- u. Zinkerzlagerstätten 526.
 Obersenon 637.
 Obersilur 416, 425.
 Obolella 400.
 Obolus 400, Apollinis 403, 420.
 Obolus-Sandstein 402, 403.
 Observiertes Streichen der Schichten 324.
 Obsidian 69, 75, 288.
 Oceane, ihre Verteilung auf der Erdoberfläche 41, Umrisse, Grund, Boden, Tiefers. 46, ihre Entstehung 480, ihre mechanische Tätigkeit 244; siehe Meer.
 Oceanische Inseln 43.

- Ockerkalk 424, 425.
 Odontopteris im Carbon 454, im Rotliegendenden 494.
 Odontopteryx 666.
 Odontornithen 649.
 Öregionen von Nordamerika 53, 276, 279, 428, des Elsass 276, 279, 678.
 Ölschiefer 53, 418, im Lias 576.
 Öninger Schichten 702.
 Oselsche Gruppe 425.
 Ogygia 445.
 Olcostephanus asterianus 624, gigas 595.
 Old Faithfull Geysir 460.
 Oldhamia 518.
 Oldhaven beds 665.
 Old Red Sandstone 427, 436, 444, 445, 446.
 Oleandridium 623.
 Olenellus 398, 403.
 Olenellus-Schichten, -Stufe 404, 403, 405.
 Olenus 400, -schichten im Cambrium 402, 403.
 Oligocän 366, Oligocänformation Südeinglands 673, im Pariser Becken 675, der Schweiz 676, des Elsass 677, Norddeutschlands 679.
 Oligoklas, seine Zersetzung 205.
 Oligoklas-Biotitgneiß 98.
 Olivin, seine Umwandlung in Serpentin 207.
 Olivindiabas 86.
 Olivinfels 96, 377, 384.
 Olivinabbro 84, 376.
 Olivingesteine, petr. Beschr. 96, 408.
 Omphyma 408.
 Onchus 445.
 Oneida-Conglomerat 422, 423.
 Onondaga-Salzgruppe 422, 425.
 Oolites 587.
 Oolith, petrogr. Beschr. 44, Entstehung 344, im Muschelkalk 525, im Dogger 379, im Malm 565, 588, 593, 595.
 Oolithe inférieur 587.
 Oolithenformation, Oolithengebirge 565.
 Oolithische Structur 23, Elsenerze 566, 579, 674, 672.
 Oolithischer Kalkstein 44, 314, siehe unter Oolith.
 Opal, edler 422.
 Opalinusstufe 585.
 Opatowitzer Kalkstein 532, 534.
 Operculina 646.
 Ophicalcit 40, 378.
 Ophiderpeton 494.
 Ophioceras raricostatum 570.
 Ophioderma im Muschelkalk 530.
 Ophit, petrogr. Beschr. 86.
 Ophitische Structur 84.
 Oppelia tenuilobata 600.
 Orbitoides 646.
 Orbitulina 646, 639.
 Orbitulinenkalk 630, -mergel 644, 645.
 Oreodon 673.
 Organisches Leben als geolog. Agens 263, —280, Entwickelung desselben 308, 354, 355, 358, 363, 366, 390, im Präcambrium 393, im Cambrium 398, im Silur 407, im Devon 429, im Carbon 454, im Perm 489, 502, 544, im Mesozoicum 545, 550, im Jura 564, 580, 589, in der Kreide 644, 656, im Tertiär 660, 689, im Diluvium 733, 740, 742, 746.
 Organismen, producieren Kohlensäure 494, 267, 273, 276, bilden Gesteine 266, 270, 273, 307—312, als Reductionsmittel 194, 267, Kalksteine bildend 266, 340, Schwefelwasserstoff liefernd 268, 278, Kohlen bildend 273, 277, Gasquellen bildend 278, Schlammvulkane bildend 279, 280.
 Organogene Gesteine 304, 307—312.
 Orgeln, geologische 498, 499, 244.
 Oriskany-Gruppe, O.-Sandsteine 446.
 Ormoceras im Silur 443.
 Ornatenthone 584, 586.
 Orthis im Cambrium 400, im Silur, cancellulata, elegantula, lynx, vesperitilo 440, im Devon striatula, tetragona 432.
 Orthisinia 400.
 Orthisschiefer 425.
 Orthoceras, cambrisch 400, silurisch 412, timidum 413, devonisch 432, carbonisch 461, permisch 543, triadisch 554, dubium 559, elegans 555.
 Orthoceras-Schiefer von Wissenbach 439, 440, 446.
 Orthocerenkalk im Silur 449, 425, im Devon 440, 443, 446.
 Orthoklas, seine Zersetzung 204, seine Neubildung 212.
 Orthoklasgesteine, quarzhaltige 35, quarzfreie 69, 75.
 Orthoklas-Nephelingsgesteine 73.
 Orthoklasporphyr, quarzfreier, petrogr. Beschr. 70, im Rotliegenden 498.
 Orthoklasporphyroid 402.
 Ortstein 49.
 Osborne-Series 673.
 Oscillationen des Bodens 462, 463, der Küsten Skandinaviens 463, in früheren geologischen Zeiträumen 468, zwingen zu Wanderungen der Faunen- und Floren 469, 470, 356, im Jura 599, in der Kreideformation 645, 622, 644, im Tertiär 658, 680, 689, im Diluvium 723, 726.
 Osteolepis 435.
 Ostracodenthon 583.
 Ostrauer Schichten 467, 474.
 Ostrea, triadisch 528, im Jura 564, im Dogger 580, longirostris 677, macroptera 629, Marshi 583, cretaceisch 647.
 O. armata 637, bellovacina 668, callifera 677, 694, carinata 632, 643, cyathula 677, 694, diluviana 632, 638, edulis 704, 720, 723, flabellula 668, haliotoidea 638, lamellosa 696, montis capriis 558, multicostata 668, placunoides 528,

rastellaris 603, ventilabrum 683, vesicularis 636.
 Ostreabänke von Blankenese 720.
 Ostreenkalke 585, -mergel 676.
 Otoceras beds 552, 562.
 Otodus 618, obliquus 666.
 Otozamites 536, 580.
 Otzoum Moodii 517.
 Ottang, Schlier von 698.
 Ottrelithphyllit 403, 383.
 Ottweiler Schichten 458, 467, 470.
 Ovibos fossilis 720, moschatus 740.
 Ovoiden, Ovoidenmergel 577.
 Oxford 593, 600, O.-oolites 587, -clay 600, -schichten 603.
 Oxydationsprocess 201.
 Oxyrhina 618, 702.
 Ozokerit 276.

P.

Pachydiscus 618, peramplus 632.
 Pachyteichisma lopus 593.
 Pässe des Mississippi-deltas 241.
 Paffrather Kalke 438, 446.
 Palaeaster im Silur 440, im Devon 430.
 Palaechinus 461.
 Palaeocoma im Silur 410.
 Palaeogen 664.
 Palaeohatteria longicaudata 494.
 Palaeoniscus im Carbon 663, Frieslebeni 502, Vratislaviensis 492, 510.
 Palaeophonos 415, 418, 425.
 Paläopikrit 86, 96.
 Palaeoporellen, Kalk absondernd 273, 308, 405.
 Palaeorhynchus 672.
 Palaeostachya 452.
 Palaeotapirus 670.
 Palaeotherium 660, 675, 679, 692.
 Paläovulkanische Gesteine 56, 286, 288, im Präcambrium 392, im Cambrium 398, im Silur 424, im Devon 445, im Carbon 480, im Rotliegenden 498, in der alpinen Trias 561, im New red sandstone 547.
 Palaeoxyris 536.
 Palaeozoicum 389.
 Paläozoische Formationen 364, 368, 389, Rückblick 514.
 Palagonitfels 123.
 Palagonittuff, petrogr. Beschr. 423.
 Palatinit 87.
 Paleocän 664, 668.
 Palissya 536.
 Palmacites daemonorhops 683.
 Palmatopteris 455.
 Paludina im Purbeck 593. P. diluviana 720, 724, fluviorum 624, orbicularis 674.
 Paludinienschichten 699, -bänke 734.

Pampas, die Diluvialablagerungen der P. 743.
 Panchetschichten 487.
 Panisellen 664.
 Panopaea Menardi 697, 702, Norwegica 703.
 Pantellerit 68.
 Panzergranoiden im Silur 415, im Devon 435, 437.
 Papierkohle 50, 680.
 Papiertorf 50.
 Paradoxides 398, -stufe 402, 403, 404, 405.
 Paragonitschiefer, petrogr. Beschr. 403.
 Paralische Facies 360.
 Parallelstructur, discordante, ungleichförmige 319, 520.
 Parasitische Kegel 427, 434.
 Pareiosaurus 549.
 Pariser Grobkalk 668, Pariser Becken. Stufe 608, 645, 667, 675.
 Parkinsoni-Stufe 585.
 Parkinsonia Parkinsoni 584.
 Partnach-Schichten 556.
 Passage beds 447.
 Pebidian 395.
 Pechkohle, ihre Entstehung durch Contact-metamorphose 293, im Carbon 451.
 Pechstein 65, 68, seine Entstehung 288, im Rotliegenden 498.
 Pechsteinsfelsit 65.
 Pechsteinsporphyr 65.
 Pechsteinsporphyr 78.
 Pechtorf 50.
 Pecopteris im Devon 429, im Carbon 451, im Rotliegenden, arborescens 494, 512 in der Trias 546, im Dogger 580.
 Pecten, carbonisch 462, dyadisch 503, triadisch 523, cretaceisch 647. P. asper 638, 639, bellicostatus 683, crassitesta 624, 628, decussatus 687, discites 523, 550, filiosus 558, Jacobaeus 704, Janus 687, islandicus 723, 726, laevigatus 523, muricatus 637, palmatus 696, permistus 685, personatus 582, pusillus 503, quadricostatus 636, solarium 696, varians 603.
 Pectinitenkalk 585.
 Pectunculus obovatus 677, 694, Philippi 686, pilosus 697, 701, 702, pulvinatus 667.
 Pedina im Malm 589.
 Pegmatit 60, 212.
 Pegmatitische Gänge 312.
 Pelagische Sedimente 303, 305, Facies 360.
 Pelagosaurus 569.
 Pele's Haar 96, 143.
 Pelit, Structurverhältnis 24, 116.
 Pelosaurus laticeps 494.
 Pelloceras bimammatum, transversarium 593, 600.
 Pemphix Sueuri 538.

- Pennsylvanien, seine Petroleumvorkommen 279, 428, Anthracitvorkommen 276, 476.
- Pentacrinitenbank 576, -platte 585.
- Pentacrinus basaltiformis 574, briareus 570, 575, briaroides 574, scalaris 570, 576, subangularis 575, tuberculatus 576.
- Pentamerus, silurisch 410, borealis, conchidium, esthonus 440, 425, galeatus 432, Knighti 444.
- Pentremites (Pentatremites) im Devon 430, im Carbon 460.
- Peperin, petrogr. Besch. 423.
- Perarmatenschichten 603.
- Peressips 244.
- Peridotite 96.
- Perioden, geologische 357, 363, 366—369.
- Perisphinctes polyplocus 593, transitorius 598, 600.
- Perldiabas 85.
- Perlit (Perlstein), petrogr. Besch. 68, im Tertiär 744.
- Perm, Permsche Formation 368, 488, Deutschlands 488, Englands 510, Frankreichs 511, Russlands, Nordamerikas 512; seine pelagische Facies 513.
- Permo-Carbon 514.
- Perna aviculaeformis 557, Sandbergeri 694.
- Peronella caminensis 530.
- Peterwyn-Gruppe 446.
- Petrobates truncatus 494.
- Petrogenetische Geologie 1, 283.
- Petrographische Geologie (Petrographie) 4, 48.
- Petroleum, petr. Besch. 53, Entstehung 276, P. im Devon 429, im Tertiär 678.
- Petrolsand 54, 678.
- Pferd, seine Stammformen 692, im Diluvium 720, 733, 739, 741, 743.
- Pflanzen, verwesende, reducierend 267—269, Kalk abscheidend 269, 273, Kohlensäure bildend 191, 267, 278, 279, Kohlen bildend 276, 277, 473, 474, Gasquellen bildend 278, ihre fortschrittliche Entwicklung, Umänderung, Vervollkommnung s. unter organ. Leben und Faunen u. Floren.
- Phacops 443, latifrons im Devon 434.
- Phascolotherium 581.
- Phasianella Bronni 556.
- Phenacodus 673.
- Phillipsia 463, 513.
- Phleggräische Felder 444.
- Phoca groenlandica 724.
- Phoenixites 688.
- Pholadomya acuticostata 595, caudata 637, Murchisoni 583.
- Pholidogaster 464.
- Pholidosaurus 624.
- Phonolith, petr. Besch. 74, seine Entstehung 283, seine Zersetzung 211, seine Eruption im Tertiär 707, 709.
- Phonolithconglomerat 422.
- Phonolithgläser 75.
- Phonolithkegel 451.
- Phonolithobsidiane 75.
- Phonolithuff, petr. Besch. 422.
- Phosphatgesteine 39.
- Phosphorit 39, im Devon 447, im Lias 578, in der Kreide 614, im Hils 623, im Oligocän 676, 685, 686.
- Phragmocerat im Silur 413, im Devon 432.
- Phycodenschiefer 405.
- Phycodes circinatus 400.
- Phyllit 404, seine Contactmetamorphose 296, in der Phyllitformation 369, 382, glimmerglänzender und thonschieferähnlicher 383, im Präcambrium 396.
- Phyllitformation 385.
- Phyllitgneiß 405, 383.
- Phylloceras heterophyllum 574, ptychoicum 598, in der Kreide 618.
- Phyllodocites thuringiacus 473.
- Phyllograptus 410.
- Phyllopora 505.
- Phymatoderma granulatum 575.
- Phymosoma ornatissimum 637.
- Physiographische Geologie 1, 5.
- Phytogene Sedimentgesteine 265—273, 301, 307, 477, 478, 623, 631.
- Pic von Teneriffa 134.
- Picea Engleri 685.
- Piesberger Carbon 470.
- Pietra verde 561.
- Pikermi, Knochenlehm von, 705.
- Pikrit 96.
- Piltongruppe 446.
- Pinacoceras floridus, Metternichi, parma 557, 559.
- Pinie, vulkanische 144.
- Pinitgranitit 291.
- Pinitquarzporphyr 61.
- Pinna diluviana 636.
- Pinus im Oligocän 677.
- Piperno 72.
- Pisidium amnicum 720, 724, fontinale 746.
- Pisolith 41, seine Bildung 458.
- Pisolithenkalk von Paris 637, 639.
- Pithecanthropus erectus 705.
- Placenticerat nism 628.
- Placodermen im Devon 435, 437.
- Placodus gigas 528.
- Pläner 613, 632, 638, 643.
- Plänerkalk 632.
- Plagiolaux 593, 598.
- Plagioklas, seine Zersetzung 208.
- Plagioklasamphibolit 376.
- Plagioklasbasalt 89, 208.
- Plagioklasdolerit 89, 91.
- Plagioklasgesteine 54, 76, 80.
- Plagioklasgneiß 98.
- Planorbis discus 674, euomphalus 674, pseudammonius 678, spirorbis 720.
- Planorbisschichten 576.
- Planschwitzer Diabastuff 443, 446.

- Plasticität der Schichten, der Gesteine 176, des Eises 249.
 Plattendolomit 504.
 Plattenförmige Absonderung der massigen Vulkane 153, 344, Mineralmassen 344.
 Plattenkalke im Rhät 538, von Solenhofen 597, Eimbeckhäuser 599, 602.
 Platyceras im Silur 412, im Devon 432.
 Platychelys 590.
 Platyrrhinus 460.
 Platyostoma 432.
 Platsomus gibbosus, striatus 502.
 Platyrophia 441.
 Plauenscher Grund, sein Rotliegendes 497.
 Plectrodus im Obersilur 417.
 Plesiochelys 590.
 Plesiosaurus 568, 618.
 Pleuraster im Muschelkalk 530.
 Pleurodictyum problematicum im Devon 430.
 Pleurotoma Beyrichi, Bosqueti 683, cataphracta 697, Duchasteli, regularis 685, subdenticulata 687, turricula 701.
 Pleurotomaria, silurisch 412, devonisch 432, carbonisch 463, im Zechstein 504, im Lias 570, im Dogger 580.
 Pliocän 360, 688, 695, des Wiener Beckens 699, Norddeutschlands 700, Englands 703, Italiens 704, von Pikermi 705, Javas 705.
 Plombières, Mineralbildungen durch die dortigen Thermen 211.
 Plutonische Gesteine 285, 286, ihre Entstehung 289, pl. Metamorphismus 290, 343.
 Plymouthgruppe 446.
 Pneumatolyse 300.
 Podocrates 618.
 Podozamites im Lias 567, im Dogger 580, im Wealden 624.
 Polandian 725.
 Polare Juraprovinz 604.
 Polargletscher 36.
 Pole, ihre Verschiebung 694.
 Polierschiefer, petr. Beschr. 46, seine Entstehung 266.
 Pollicipes 618.
 Polycoclia 503.
 Polyedrische Absonderung 343.
 Polygene Conglomerate 412.
 Polyhalitregion von Stassfurt 507.
 Polypen, kalkabscheidend 270, 308.
 Polypora 503.
 Pompeji 439, 446.
 Pontische Stufe 699, 705.
 Popanoceras 513.
 Populus in der Kreide 645, 632, im Tertiär 701.
 Porambonites im Silur 410.
 Portido verde antico 87.
 Poröse Structur 24.
 Porospongia 593.
 Porphybreccie 63, 415.
 Porphyconglomerate des Rotliegenden 500.
 Porphyrfacies des Granits 60, 294.
 Porphyrische Structur 23, 287.
 Porphyrischer Mikrogranit 60, 294.
 Porphyrit, petrogr. Beschr. 77, quarzhaltiger 78, Entstehung 288, im Präcambrium 393, im Carbon 480, im Rotliegenden 498.
 Porphyritconglomerat im Rotliegenden 500.
 Porphyritpechstein 78.
 Porphyroide, petr. Beschr. 402, ihre Entstehung 480, im Devon 441, 446, 447.
 Porphyroidschiefer 444, 446.
 Porphyrtuff, petr. Beschr. 120, seine Entstehung 288, im Rotliegenden 499.
 Portagegruppe 446.
 Portland, Portlanden 593, 600, 602.
 Porzellanerde 415.
 Porzellanjaspis 417, Entstehung 293.
 Posidonia Becheri 462, Bronni 574.
 Posidonienschiefer 465, 574, -schichten 575, 576, 577.
 Posidonomya-Posidonia.
 Posidonomyengesteine des Dogger 588.
 Posilliptuff 422.
 Positive Verschiebungen der Strandlinie 471.
 Postpliocän 712.
 Potamidenschichten 693.
 Poteriocrinus 460.
 Potomacgruppe 645, 626, 652.
 Potsdam-Group 402, 405.
 Präcambrische Formation, Präcambrium 368, 392.
 Präglacialer Flussschotter 725.
 Predazzo 295, Predazzo 561.
 Prehnit in Blasenräumen 210, auf Gängen 212, als Contactmineral 295.
 Prestwichia 463.
 Prezzokalk 534.
 Primordialschichten, -stufe 402.
 Prismatingranulit 400.
 Prismatische Absonderung durch Contactmetamorphismus 294, bei massigen Vulkanen 153, der Eruptivgesteine 343.
 Proberstein 45.
 Procänformation 614.
 Productive Steinkohlenformation 368, 449, 467—480.
 Productus im Carbon 464, 463, im Zechstein 503; P. Cancrini 512, giganteus 462, horridus 503, longispinus, scabrusculus, semireticulatus 462.
 Productuskalk des Perm 513.
 Proetus im Devon 434, im Carbon 463.
 Proganochelys 537.
 Pronorites 463.
 Propalaeotherium 670.
 Propylit 79, 711.
 Protaster im Silur 410.
 Proterobas 86.
 Proterosaurus Speneri 502.
 Protobastit, Protobastitfels 83.

Protocardia Ewaldi 541, Hillana 632,
 rhaetica 536, 541, 545, 560.
 Protocaris 400.
 Protogin 60.
 Protogingneiß 99, seine Entstehung 180.
 Protolarix 683.
 Protolyellia 400.
 Protospongia 400.
 Protitron petrolei 493.
 Proviverra 673, 676.
 Przibramer Grauwacke 402, 404.
 Psammit, sein Structurverhältnis 21.
 Psammochelys 537.
 Psammodus 463.
 Psaronius im Rotliegenden 491.
 Psephit, Structurverhältnis 24.
 Pseudodiadema im Malm 589, in der Kreide
 616.
 Pseudomonotis Clarai 554, speluncaria
 503, substriata 574, echinata 584.
 Pseudomonotiskalke 552, 562, -schichten
 552, 563.
 Pseudomorphosen 196, nach Kochsalz 302,
 320, 524, 539.
 Pseudomorphosensandstein 525.
 Psiloceras planorbis 570.
 Psilomelan im Rotliegenden 500.
 Psilonotenschichten 576, 577.
 Psilophyton im Devon 429.
 Pteraspis 415.
 Pterichthys 435.
 Pterinea im Devon 432.
 Pteroceras Oceani 593, 603, -schichten 602.
 Pterocérin 600.
 Pterodactylus im Dogger 584, im Malm
 592, 597, in der Kreide 618.
 Pterodon 676.
 Pterophyllum im Rotliegenden 492, im
 Keuper 536, im New red sandstone 546,
 im Lias 567, im Dogger 580, 584, im
 Wealden 624; P. Braunianum, Jaegeri 536,
 541, comptum 584, longifolium 536, 540,
 Münsteri 544, Preslianum 584.
 Pteropodenschlamm 272.
 Pterozamites 536.
 Pterygotus 448.
 Ptychites im Muschelkalk, dux 528.
 Ptychoceras 618.
 Ptychodus 618.
 Ptycholepis Bolleusis 570, 572, 575.
 Puddinggranit 59.
 Puddingstein 413.
 Puerco-Gruppe 673.
 Pulvermaar 436, 707.
 Pupa, carbonisch 463, muscorum 737, 746.
 Purbeck 598, 600, 602, 630.
 Puzzolan, petr. Beschr. 422.
 Pygaster im Malm 589.
 Pygurus rostratus 637.
 Pyrenäen, ihre Gletscher zur Glacialzeit
 252, 731.
 Pyrina pygaea 624, 629.
 Pyrit 78, 406.

Pyrolusit im Rotliegenden 500.
 Pyromeride 63.
 Pyropissit 54, 680.
 Pyroxenandesit 79.
 Pyroxengranitporphyr 64, 498.
 Pyroxengranulit 99, 100, 376.
 Pyroxen-Quarzporphyr 64, 498.
 Pyrola condita 696.

Qu.

Quaderformation 641.
 Quadersandstein 141, der Kreideformation
 612, 632, 649.
 Quadraten-Kreide 637, 642.
 Quartärformation 366, 742.
 Quarz, in Blasenräumen 210, in Höhlen
 214, auf Gängen 214, 346.
 Quarzandesit 79.
 Quarzangitdiorit 76.
 Quarzbrockenfels, petr. Beschr. 415.
 Quarzdiabas 86.
 Quarzdiorit 76.
 Quarzfreie Hornblende-Andesite 79.
 Quarzfreie Orthoklasgesteine 69.
 Quarzfreier Orthoklasporphyr 70, Ent-
 stehung 288.
 Quarzführende Hornblende-Andesite 79.
 Quarzgänge, edle 388.
 Quarzglimmerdiorit 76.
 Quarzhaltige Orthoklasgesteine 55, Diorite
 76, Porphyrite 78.
 Quarzit 44, in d. Gneißformation 377, in
 der krystall. Schieferformation 383, im
 Devon 427.
 Quarzitsandstein, Kahleberger 442.
 Quarzitschiefer 44, archaischer 383.
 Quarzkeratophyr 64, im Devon 447.
 Quarzphyllit 383.
 Quarzporphyr 64, 62, deformierter 102,
 180, seine Entstehung 288, seine Con-
 tactmetamorphose 293, 294, im Carbon
 480, im Rotliegenden 498.
 Quarzporphyr 78.
 Quarzpropylit 79.
 Quarzsandstein, krystallinischer, petrogr.
 Beschr. 44, 110.
 Quarztrachyt 66, 714.
 Quebeckgruppe 423, 425.
 Quecksilbererze 500.
 Quellabsätze 498, 216.
 Quellen, heiße 40, 441, 457, intermittie-
 rende 158, mineralhaltige 457, 215, ihre
 Entstehung 493, 223, ihre Absätze 457,
 160, 215, harte 498, 216, gypsführende
 197, 217, 219, artesische 224, siehe unter
 Mineralquellen u. Mineralsolutionen.
 Quellsuppen 451, 340.
 Quereben 490.
 Quercus in der Kreide 615, im Oligocän
 675, im Miocän 694.
 Quercy, Säugetierfauna des 676.

Querspalten der Gletscher 247.
 Querthäler 229.
 Querverwerfungen 333.

R.

Radiolarien. Gesteine bildend 266, im Silur 407.
 Radiolarienschichten 266.
 Radiolitenkalk 644, 646.
 Radiolites 617, 636, 639, 645, cornu pastoris 639, lumbicalis 645.
 Radnitzer Schichten 474.
 Radowenzer Schichten 467, 474.
 Räuberhöhle 748.
 Raibler erzführende Schichten 552, 557.
 Raikyllsche Schicht 425.
 Raised benches 464.
 Rammelsberg 628.
 Randecker Maar 436, 711.
 Randspalten der Gletscher 247.
 Rangifer groenlandicus 720, 724, 740, tarandus 740, 747.
 Rapakiwi 58, 59, 746.
 Raseneisenstein, petrogr. Beschr. 49, Entstehung 267.
 Rastrites im Silur 410.
 Rastritesschiefer 424, 425.
 Rauchwacke 42, im Zechstein 504.
 Reading Series 664.
 Recente Bildungen 750.
 Receptaculites Neptuni 429.
 Recoarakalk 554.
 Red Crag 703.
 Reductionsprozesse 194, 267—273.
 Regelation 250.
 Regentropfen. Eindrückeders. 469, 302, 320, 324, 546.
 Regenwürmer, Erde bildend 267.
 Regionalmetamorphose 478, plutonische 312, tectonische 478, 344, hydrochemische 345.
 Reibungsbreccien 414, 350.
 Reiflinger Kalk 554.
 Reihenvulkane 437, 438.
 Relaisbeben 485.
 Relictenseen 462.
 Remopleurides 416.
 Renntier der Diluvialzeit 720, 724, 726, 737, 740.
 Reptilien im Rotliegenden 494, im Mesozoicum 545, im Buntsandstein 522, im Muschelkalk 534, im Keuper 537, im Karoosandstein 548, im Jura 564, 568, 590, in der Kreide 648, 626.
 Requienia ammonia 629.
 Retiolites im Silur 410.
 Reußgletscher 728.
 Rhät, Rhatische Stufe 367, 539, 544, 554, 552, 560.
 Rhamnus im Tertiär 702.
 Rhamphoichneus im Malm 592, 597.

Rheingletscher 728.
 Rheinisches Schiefergebirge 437, 440, 446.
 Rheinthal als Grabenversenkung 472, 545, sein Diluvium 739.
 Rhinoceros 699, antiquitatis 725, incisivus 695, leptorhinus 704, Mercki 720, 735, 739, 744, Schleiermacheri 705, tichorhinus 720, 723, 735, 741.
 Rhizocorallium Jenense 521.
 Rhodocrinus 460.
 Rhododendron panicum 730.
 Rhon, ihre Vulkane 709.
 Rhombenporphyr 70, 86, im Diluvium 716.
 Rhonegletscher 728.
 Rhyncholithus hirundo 528.
 Rhynchonella, silurisch 440, devonisch 432, im Muschelkalk 528, im Lias 568, im Dogger 580, in der Kreide 617: R. cuboides 432, 439, Cuvieri 638, decurtata 528, 554, depressa 624, inconstans 604, lacunosa 593, Mentzeli 528, octoplicata 636, parallelepipedata 432, psittacea 703, 723, pugnus 432, rimosa 574, varians 584.
 Rhynchosaurus 546.
 Rhyolith, petr. Beschr. 66.
 Rhytidolepis 454.
 Riccarton-Graptolithenschiefer 417.
 Riesenelem 735.
 Riesengranit 340, 387.
 Riesenoolith 41.
 Riesensalamander 702.
 Riesentöpfe 234, 718.
 Riesenvogel Neuseelands 746.
 Riffe, ihre organogene Entstehung 314, im Zechstein 505, der alpinen Trias 553, 557, 558, im Malm 601.
 Riffacies der alpinen Trias 553, des oberen Jura 595, 604.
 Riffkorallen, ihre Bauten 167, 270, 309, 314.
 Ringelerze 347.
 Ringwälle, ringförmige Umwallungen der Vulkane 432.
 Rippelmarken 320, 324.
 Rissoa alpina 558.
 Ritzten, glaciale, auf Geschieben 254, 256, 712, 745.
 Rixdorfer Diluvialfauna 724, 725.
 Rochlitzer Berg 289.
 Roderberg 709.
 Röt 520, 523, Rötelschiefer 489.
 Rogenstein, petrogr. Beschr. 41, Entstehung 314, im Buntsandstein 520.
 Rohrbach'sche Flüssigkeit 25.
 Rollstenslora 746.
 Rollstücke, ihre Entstehung 302.
 Rosenhöfer Zug 484.
 Rostellaria macroptera 666.
 Rotalia 634, 685.
 Rotatorische Erdbeben 482.
 Rote Molasse 677.
 Roteisenstein 49, in Brauneisenstein umgewandelt 200, seine Bildung aus Magnet-

eisen 204, archaischer 379, 384, im Prä-cambrium 394, im Silur 406, im Devon 447, 449, im Jura 567, 579.
 Roter Galmey 524.
 Roter Gneiß 98.
 Rotliegendes 368, 489.
 Rotomagien 639, 643.
 Rotzinkerz in der Gneißformation 379.
 Rotzschichten 568, Kalksteine von 578.
 Rudisten, in der Kreide 647, 630, 636, 639, 643, s. Hippuriten.
 Rudistenkalke 639, 644, 643, 645.
 Rücken in der Zechsteinformation 508.
 Rückzugsgebilde, glaciale 254, 255, 747, 720, 725, 729, 732.
 Ruhrbecken 469.
 Rullstenssand 724, -grus 722.
 Rumpfgebirge 476, 236.
 Rundhöcker 256, in Norddeutschland 745, 725.
 Runzelung der Schichten 329.
 Rupelien, Rupelthou 674, 685.
 Ruscheln 448.
 Rußkohle 51.
 Rutilnadelchen 449.
 Rutschflachen 334.
 Rybniker Schichten 474.

S.

Saarbecken, Carbon 470, Rotliegendes 494, 510.
 Saarbrücker Kohlenfeld 470, S. Schichten 467, 470.
 Sabal major im Oligocän 683, im Miocän 694.
 Sables nummulitiques de Cuise 668, moyen 669.
 Sächsisch-böhmische Schweiz, durch Erosion entstanden 228; Jura 607, Quader 649, 651.
 Säculare Niveauveränderungen 462—468, 240, 658.
 Säuerlinge 440, 444.
 Saugeiterreste, im Keuper 537, in der Trias 549, im Dogger 581, im Malm 593, im Purbek 598, in der Kreide 649, im Eocän 668, 673, im Tertiär 660, im Eocän 668, 673, im Oligocän 673, 675, im Neogen 694, im Diluvium, Europas 720, 735, 740, Sibiriens 744, Nordamerikas 742, Südamerikas 743, Australiens 745, Neuseelands 746.
 Säulenförmige Absonderung der Eruptivgesteine 294, 343.
 Sagenopteris in der Kreide 624.
 Saigere Gänge 349.
 Salbänder 338, 349.
 Salenia 616, Héberti 637.
 Salinamergel 422, 425.
 Salit amphibolit 407, 376.
 Salitdiabas 86.

Salix in der Kreide 615, 632, im Oligocän 675; S. polaris 720.
 Salmiak als vulk. Sublimationsproduct 443.
 Salpeter 37.
 Salsen 279.
 Saltholmskalk 649.
 Salvinia 683.
 Salzachgletscher 729.
 Salzberggestein 637.
 Salzgebirge 307.
 Salzgehalt der Quellen 215, der Flüsse 217, des Meeres 218, 304, des Toten Meeres 306, der Salzseen 307.
 Salzlager, ihre Entstehung 304, vergl. Steinsalz.
 Salzseen 306, Großer 307.
 Salzsteppe 264.
 Salzthon 446, seine Bildung 304, im Zechstein 507, im Muschelkalk 525, im Keuper 535, 539, im Tertiär 700.
 Samland, sein bernsteinführendes Oligocän 684, seine Braunkohlenformation 685.
 Sand, petr. Beschr. 408, vulkanischer 409, Entstehung 445, 302, von Winden transportiert 262, seine Entstehung 287, im Oligocän 680, von Etampes 676, Stettiner 685, 686, von Eppelsheim 696, Decksand 720.
 Sanderze, im Rotliegenden 490.
 Sandgebläse 264.
 Sandlingschichten 552.
 Sandloß 738.
 Sandr 255.
 Sandschliffe 264.
 Sandstein, Structurverhältnis 24, petr. Beschr. 440, krystallisierter 444, im Präcambrium 392, im Cambrium 398, im Silur 406, 447, im Devon 427, 436, im Carbon 450, im Culm, flözleerer 466, im Rotliegenden 489, im Buntsandstein 367, 519, im Keuper 535, 539, im Lias 566, im Dogger 578, in der Kreide 612, 634; von Fontainebleau 676, der Molasse 676, 702, alter roter 436, neuer roter 545, 546.
 Sandstürme, Sandwüsten 263.
 Sanidin, seine Zersetzung 205.
 Sanidinit 72.
 Sandintrachyt, petrogr. Beschr. 74.
 Sansino 693, 704.
 Santonien 639, 643.
 Santorin 434.
 Sarcagletscher 729.
 Sarmatische Stufe 698.
 Sassafra in der Kreide 645.
 Sassolin als vulkan. Product 441.
 Sattel, Sattellinie 325.
 Sauerquellen 440, 441, 245.
 Sauerstoff, absorbiert im Erdkern 457, in den Sickerwässern 194, Oxydationsprocesse durch denselben 204, 202, 265, 267.
 Saunriffe, ihre Bildung 467, 274.

- Saurichthys im Keuper 337, acuminatus 341, apicalis 328, 345.
 Saussuritgabbro 376.
 Sauzeistufe 583.
 Saxonian 725.
 Scaglia 646.
 Scalaria communis 720, groenlandica 703.
 Scalpellum 618.
 Scanian 726.
 Scaniornis 618.
 Scaphitenpläner 638, 642, 651.
 Scaphites 618, aequalis 632, 638, auritus 639, binodosus 637, Geinitzi 632, 639, gibbus 636, pulcherrimus 637.
 Sceudella 400.
 Schaben, carbonische 463.
 Schäreninseln 42, 256.
 Schalenbreccien 286.
 Schalstein 421, im Silur 424, im Devon 447.
 Schärung von Gängen 350.
 Schatzlarer Schichten 467, 474.
 Schaumkalk 42, 525, 534, 532.
 Scheuersteine 254, 747.
 Schichten, ihre Biegsamkeit 472, 318, ihr Auskeilen 320, ihr Übergang 321, ihre Aufrichtung 322, 323, auf dem Kopfe stehende, überkippte 323, ihr Streichen 324, Fallen 325, ihre Faltung 472, 476, 325, ihre Absenkung 472, 329, ihre Verwerfung 472, 476, 330.
 Schichtenaufriechtung 323.
 Schichtenbau 318, umlaufender 329, treppenförmiger 331.
 Schichtenbiegungen 329.
 Schichtencomplexe, Schichtengruppen 321, Bestimmung ihres Alters 361.
 Schichtenfolge 321.
 Schichtenkopf 320.
 Schichtenlage, schwebende 322.
 Schichtenreihen, Lücken in denselben als Beweise für Oscillationen 469, ihre Wechsellagerung 321, ihre Gliederung 363, 366—369.
 Schichtenstauchung 324.
 Schichtenstellung 321, fächerförmige 328.
 Schichtenstörungen 472, 476, mit Erdbeben verknüpft 490, durch Auslaugung 220, 221, durch Gletscher 257, 718, durch Aufrichtung 322, durch Faltung 325, durch Absenkung 329, durch Verwerfung 330, ihre Altersbestimmung 334, 336, 361.
 Schichtensysteme 321, 358, 363.
 Schichtflächen 318—321.
 Schichtquellen 223, 224.
 Schichtung, Strukturverhältnis 24, 302, 318.
 Schichtvulkane 426.
 Schiefe Falten 326.
 Schieferformationen, krystallinische 384, ihre Entstehung 342.
 Schiefergebirge, hercynisches 436, rheinisches 437, 446.
 Schiefergesteine, krystallinische 96.
 Schieferige Structur 23.
 Schieferkohle 51, interglaciale 730, 731, 735.
 Schieferletten 448, des Rotliegenden 489, im Buntsandstein 520.
 Schieferthon 448, Entstehung 303, im Carbon 450, im Rotliegenden 489, im Lias 566, im Dogger 579, in der Kreide 613.
 Schieferung, transversale, falsche 477, der Eruptivgesteine 480, des Eises 247, 250.
 Schildkröten im Malm 590, in der Kreide 648, im Wealden 626, im Neogen 689.
 Schiffsandstein 539, 540.
 Schillerfels, petr. Besch. 82.
 Schizodus obscurus 503, 504.
 Schizoneura Lehmanniana 535, paradoxa 521.
 Schluckendecke, -panzer, -rinne, -säcke der Lavaströme 449, 450.
 Schlackenschornsteine 448.
 Schlackentuffe 420, im Rotliegenden 492, im Tertiär 708.
 Schlackige Structur 24, 287.
 Schladebach, Bohrloch von 9.
 Schlagende Wetter 275.
 Schlamm, blauer, grüner, roter 243, 303.
 Schlammfluten, vulkanische 446, 454.
 Schlammgesteine, Strukturverhältnis 24, 445, ihre Entstehung 302.
 Schlammgesprudel 160, 279.
 Schlammvulkane 484, 279.
 Schlangenhügel 526.
 Schlepp 749.
 Schleppen der Gänge 350, der Schichten 329—334.
 Schlierdolomit 556.
 Schlier von Ottang 698.
 Schlieren 340.
 Schließflächen, glacielle 256, 715.
 Schloenbachia 618, inflata 628, varians 632.
 Schlotheimia angulata 570.
 Schlotten, im Gyps 38, ihre Bildung 497, 249, ihr Einsturz 497, 220, 222, im Zechstein 504.
 Schmelzlinie der Gletscher 250.
 Schmelzwasser der Gletscher 249.
 Schnitzbänder, -streifen auf Gletschern 248.
 Schnee, Schneeeis 33.
 Schneeberg, seine Silbererzgänge 389.
 Schneeeule 740.
 Schneehase 740.
 Schneelinie 245, 250.
 Schörlschiefer 406.
 Schollenlava 449.
 Schollenförmige Auflagerung 334.
 Schotter 409, seine Ablagerung 238, pliocäner, bei Rippersroda 700, diluvialer 719, 725, 731, 733, 738.
 Schotterkegel der Gletscher 253.
 Schotterterrassen 238.

- Schottlands Meeresterrassen 164, Vergletscherung 726.
 Schrammen auf Geschieben 254, 256, 257, 745, 747, 733.
 Schratten, ihre Bildung 199.
 Schrattenkalk 629.
 Schraubensteine 430.
 Schreibkreide 42, 308, 613, 634, 649.
 Schriftgranit, petr. Beschr. 60.
 Schuttergebiete 188, -linien 190.
 Schuppenlurche im Carbon 464, im Rotliegenden 493.
 Schuppenstructur der Gebirge 332, 333.
 Schuppige Structur der Gesteine 23.
 Schussenried 746, Culturschicht von 747.
 Schutt, vulkanischer 109, 129, 145.
 Schuttbreccien 144.
 Schutthalden, -kegel 129, 233.
 Schwaden 275.
 Schwadowitzer Schichten 467, 474.
 Schwammfacies des Malm 604, 602.
 Schwammkalke 589, 595, 600, 604, 602.
 Schwammriffe 312, 601.
 Schwarzer Jura 565.
 Schwarzerde 117.
 Schwarzkohle 51, 293.
 Schwarzwald, als Bruchgebirge 173.
 Schwebende Gänge 349, -Schichten 322.
 Schweden, Hebung seiner Küste 164, 720, seine Vergletscherung 712, 715, 716, 719, 724, 724.
 Schwefel, als vulkanisches Sublimationsproduct 140—143, absorbiert im Erdkern 156, als Quellabsatz 217, im Meerwasser 218, als Ausscheidung durch organische Substanz 267, 269.
 Schwefelbakterien 269.
 Schwefelcalcium aus Gyps 269.
 Schwefelhöhlen 140.
 Schwefelige Säure, als vulkanisches Product 140, 144, 142, 284.
 Schwefelkies, seine Zersetzung 202, seine Ausscheidung 212, 268, in Höhlen 214, in der Gneißformation 378, im krystall. Schiefer 384, goldhaltiger 385, im Devon 429.
 Schwefelmetalle, ihre Umwandlung in schwefelsaure Metalloxyde 202, ihre Zersetzung und Ausscheidung 212, 214, 267—269.
 Schwefelquellen 158, 216, 269.
 Schwefelsäure, als vulkan. Product 140, 144, 142, im Meere 218.
 Schwefelsaurer Kalk in Quellen und Meeren 193, 304.
 Schwefelwasserstoff, als vulkan. Product 140, 144, 142, 284, Zersetzungen vermittelt desselben 212, in Schwefelquellen 216, im Meere 217, Entstehung aus Organismen 268, 269, 278.
 Schweizerbild 741.
 Schweiz, sächsisch-böhmische 607.
 Schwelkohle 51.
 Schwerspat als Gestein 39, seine Bildung, sein Auftreten in Gängen 211, 346.
 Schwühl 293.
 Schybiker Salz 700.
 Sclerocephalus labyrinthicus 494.
 Scoleopteris 454.
 Scolithus 400.
 Scorpione im Silur 407, 418, im Carbon 463.
 Scutellenschichten 693.
 Scyphia infundibuliformis 638.
 Secretionen 21, ihre Bildung 210—215.
 Sedimentärformationen, ihre Gliederung 363, 366, 369.
 Sedimentärgesteine, terrigene 243, phytogene, zoogene 265—273, 278, 304, 307, Entstehung, Material 300, ihre Kennzeichen, Schichtung und Wechsellagerung 302, minerogene 302, pelagische 303, 305.
 Sedimentgesteine, s. Sedimentärgesteine.
 Seebeben 188.
 Seen, Entstehung derselben durch Einstürze 221, als Klärungsbecken 239, Salzseen 306, 307.
 Seetanglager im Lias 575.
 Seewen-, -kalkschichten, -inergel 644.
 Seifen, petr. Beschr. 109.
 Seismische Erscheinungen 181, Linien 190.
 Seismochronograph 186.
 Seismograph 185.
 Seißer Schichten 551.
 Seitenerosion 233.
 Seitenmoränen 253.
 Seitenschenkel der Falten 326.
 Semionotus Bergeri 537.
 Semionotus-Sandstein 539.
 Semipartitusschichten 534.
 Semnoplithicus 691, 705.
 Senkung, säculare, der Küsten 162, 241, abwechselnd mit Hebungen 165, locale 166, des Seebodens 167, ganzer Continente 168, 180, in früheren Zeiträumen 168 (s. Oscillationen und Niveaueveränderungen).
 Senkungsfelder der Erdkruste 133, 180, des Meeresbodens 167, ihre Entstehung 181.
 Senon 367, 634, 639, 642.
 Senonquader 634, 637.
 Septarien 21, im Oligocän 685.
 Septarienthon 116, 678, 685, 694.
 Sequanien 603.
 Sequoia Couttsiae 675, 683.
 Serapistempel 165.
 Sericit-Adinol-Schiefer 102.
 Sericitglimmerschiefer, petr. Beschr. 103.
 Sericitgneiß 99.
 Sericitphyllit 106.
 Sericitporphyroid 102.
 Sericitschiefer, petr. Beschr., grüne, rote 106, 383.

- Serpentin 48, 96, seine Bildung 48, 206, 207, in der archaischen Formation 377, 384.
- Serpentinisierung 48, 96, 207.
- Serpentin sand 693.
- Serpula, kalkabscheidend 272, im Muschelkalk 530, amphibia 638, coacervata 598.
- Serpulit, seine Bildung 272, 309, im Purbeck 598, 600, 601, 602.
- Shasta-Gruppe 653.
- Shelly clay 726.
- Shohariesandstein 446.
- Sickerwasser, ihre Tätigkeit 194—217, metamorphosierend 345.
- Siderolithes 616.
- Sideromelan 96.
- Siebengebirge, seine Vulkane 709.
- Siebigerröder Sandstein 471.
- Siegener Grauwacke 441, 446.
- Sigillaria im Devon 429, im Carbon 454, im Culm 470, im Rotliegenden 491, aufrecht stehende Sigillarienstämme 479.
- Sigillarienstufe, -zone 467, 470.
- Silber, gediegenes, im Präcambrium 393, Entstehung durch Reduction 268, Silberergänge von Freiberg, von Schneeberg 388, von Kongsberg 389, am Lake Superior 393, von Andreasberg 448; S. im Kupferschiefer 504, im New red sandstone 548.
- Silbernaaler Zug 484.
- Silicate, ihre Wasseraufnahme 493, Zersetzung 203, ihre Bildung aus Sickerwassern 209—216.
- Sillimanitgranulit 400.
- Silt, Entstehung 237.
- Silur, Silurformation 368, 406, 448.
- Sinter, seine Entstehung 213.
- Sinterkohle 51.
- Siphonia 616.
- Siphoneen im Silur 407.
- Sivatherium 705.
- Siwalikformation 705.
- Skandinavien, Hebung und Senkung seiner Küsten 463, 720, seine Gletscher 246, 252, zur Glacialzeit 742, 745, 746, 749, 721, 724.
- Skapolith als Contactmineral 295.
- Skiddaw-Graptolithenschiefer 417.
- Skolezit in Blasenräumen 210.
- Skythische Trias 552.
- Sodagranit 59.
- Söhlige Schichtenlage 322.
- Sölle 748.
- Söllinger Sand 674.
- Söthner Schichten 494.
- Sohlenstein im Muschelkalk 532, 534.
- Sohlfläche der Schichten 820.
- Sohlschiefer 478.
- Solenhofener lithographische Schiefer 588, 597, 598, 600.
- Solfataren 440.
- Solquellen 198, 215.
- Solva 402, 403.
- Sonnenbestrahlung, Einwirkung auf die Gesteine 191.
- Sordawallit 89.
- Sowerbyistufe 585.
- Spätiger Gyps 38.
- Spalten, ihre Entstehung durch Abbruch 172, durch Zusammenschub der Schichten 175, durch Erdbeben 183, ihre Ausfüllung 241, 344, ihre Bildung durch Einsturz von Höhlen 221, der Gletscher 247. Vgl. Gänge, Dislocationen, Verwerfungen.
- Spaltquellen, ihre Entstehung 224.
- Spaltung eruptiver Magmen 290, 340.
- Sparagmit 113, im Cambrium 398, 402.
- Spatangenkalk 629.
- Spatangopsis 400.
- Spatangus Hofmanni 687.
- Spateisenstein, petr. Besch. 43, seine Umwandlung in Brauneisenstein 204, seine Ausscheidung 213, im Silur 406, im Zechstein 509.
- Spatsand 109, 749.
- Speckstein, seine Bildung 203.
- Speeton clay, -thon 628, 630.
- Sperenberg, Bohrlöcher von 9, seine Salzlagerstätte 37, 508.
- Spermophilus altaicus 741.
- Sphaerexochus 415.
- Sphaerococcites granulatus 567.
- Sphaerodus 624.
- Sphärolithfels 67.
- Sphärolithische Structur 24, 62.
- Sphärosiderit 43, seine Umwandlung in Brauneisenstein 204, im Carbon 454, im Rotliegenden 490, im Lias 567, in der Kreide 644.
- Sphaerulites 617, 629, 639.
- Sphenophyllum im Devon 429, im Carbon 452, im Rotliegenden 490.
- Sphenopteris im Devon 429, im Carbon 454, im Rotliegenden, germanica 490, im Dogger 580.
- Spiegel 334, 349.
- Spilosite, petr. Besch. 406, als Contactgebilde 300.
- Spinell, als Contactmineral 295.
- Spirifer, silurisch 440, devonisch 432, carbonisch 461, permisch 503, liasisch 568; S. cultrigatus 432, 440, glaber 462, Hercyniae 440, 446, macropterus, Mercuri 441, 446, paradoxus 432, 440, 446, primaevus 444, 446, rostratus 572, speciosus 432, striatus 462, uncinatus 564, undulatus 503, Verneulli 432.
- Spirifer Verneulli-Schichten 439, 446.
- Spiriferenbank 533, 576.
- Spiriferensandstein 442, 446.
- Spiriferina fragilis, hirsuta, Mentzeli 538, 554, rostrata 574, Walcottii 570.
- Spiriferinenbank 533.

- Spirigera* 464, *oxycolpos* 564, *trigonella* 528, 554.
Spisalsalz 700.
 Spizzekalk 554.
Spondylus *Buchii* 683, *spinosus* 632, 638, 639.
Spongien, gesteinsbildend 308, im Silur 407, im Malm 589, in der Kreide 616.
Spongienriffe 312, 604.
Spongitenkalke, ihre Bildung 308, im Malm 588, 589, 595, 601, 602.
 Spratziqe Lava 149.
 Springfluten bei Erdbeben 188.
 Springquellen, intermittierende 158, 159.
 Sprudel, Karlsbader 157, 158.
 Sprudelstein 158.
 Sprunghöhe, Sprungkluft 330 (vergl. Dislocationen und Verwerfungen).
 St. John-Group 402, 403.
 St. Louiskalk 477.
 St. Ouen, Süßwasserkalke von 670.
Stachannularia 452.
 Stämme, aufrecht stehende, im Carbon 478, 479, im Purbeck 599, im Tertiär 681, verkieselte 491.
 Staffelbruch 172, 175, 331.
Stagonolepis 546.
 Stahlquellen 216.
 Stalagmiten, Entstehung 244.
 Stalaktiten 41, Entstehung 158, 213, von Erzen 424.
 Stassfurt, seine Steinsalzlagerstätte 37, 39, 507.
 Staubfälle, -winde, loßbildende 263.
 Stauchungen, glaciaie 718.
Stauria 408.
Staurolithphyllit, petr. Beschr. 103.
 Staunungsbeben 190.
 Stauungsmetamorphose 178, 344.
Stegocephalen im Carbon 464, im Rotliegenden 493.
Stegosaurus 592, 611.
 Stehende Falten 326.
 Steile Gänge 349.
 Steinkohle, petr. Beschr. 51, organische Structur 477, in Anthracit umgewandelt 276, 293, ihre Entstehung 274, 278, siehe Steinkohlenflötze.
 Steinkohlenflötze 51, ihre Bildung 477—480, ihr Material 51, 278, im Carbon 451, 466—480, im Rotliegenden 490, 495, 496, 497, im Keuper 535, 539, 540, 542, 546, 558, im New red sandstone 546, im Lias 566, 578, im Dogger 580, in der Kreide 614, 623, im Wealden 623.
 Steinkohlenformation 449.
 Steinkohlengebirge, productives 466—480.
 Steinal, siehe Petroleum 53, 276, 429, 678.
 Steinsalz 36, 37, von Sperenberg, Stassfurt 37, seine Auflösung und Wegführung 197, 220, Entstehung der Steinsalzlagerungen 304, im Silur 407, im Carbon 451, im Zechstein 504, 505, im Buntsandstein 520, im Muschelkalk 525, 531, 532, im Keuper 535, 539, 540, in der alpinen Trias 560, im Purbeck 598, im Tertiär von Kalusz, Wieliczka 197, 699.
 Steinsalz pseudomorphosen 302, 320, 521, 539.
 Steinwerkzeuge im Diluvium 745—749.
 Steinzeit, diluviale 746.
 Stengelgeiß 97.
Stenopelix 624.
Stenopora im Zechstein 503.
Stephanoceras *Humphriesianum* 583.
 Steppenfauna der Diluvialzeit 740.
 Steppenziesel 741.
Sterculia *labrusca* 683.
 Sternberger Kuchen 687.
 Stettiner Sand 685, 686.
 Stickstoff, den Vulkanen entströmend 156, 284, in den Sickerwassern 194, 195.
Stignaria *ficioides* im Devon 429, im Carbon 456, 457, im Culm 466, im Rotliegenden 491.
 Stigmariaschiefer 478.
 Stilbit in Blasenräumen 210, auf Gängen 212, 449.
 Stinkkalk 41, im Zechstein 504.
 Stiper stone-Stufe 417.
 Stirnmoränen 254, 720.
 Stockbridge-Kalk 423, 425.
 Stockdale-Schiefer 417.
 Stockförmige Einlagerungen, Stocke 289, 320, 338, 339.
 Stocklaccolithen, ihre Entstehung 289, 340.
 Stockscheider 60, 340, 387.
 Stockwerk von Geyer u. Zinnwald 387.
 Stomechinus im Malm 589.
 Stonesfield-Slates 584, 587.
 Stony Creek-Schichten 487.
 Storaxbäume im Tertiär 695.
 Stoßförmige Erdbeben 182.
 Stoßlinien, Stoßpunkte der Erdbeben 190.
 Strahlsteinschiefer 46, aus Diabastuff entstanden 298.
 Stramberger Schichten, Kalke 598, 600.
 Strandlünen 261.
 Strandlinien, -wälle, ihre Verschiebungen 162, 163, 171, 244.
 Strandterrassen 162.
Straparollus *pentangulatus* 462.
Stratitotes 720, 735.
 Stratovulkane, siehe Vulkane.
 Streckung von Petrefacten, Geröllen 178, 179.
 Strehlener Mergel, Pläner 643, 651.
 Streichen der Schichten 321.
Streptelasma 408.
Streptorhynchus *umbraculus* 432.
 Striata-Kalk 532.
Stricklandia *lirata* 419.

Stringocephalenkalk, -stufe, -schichten 444, 442, 446.
 Stringocephalus Burtini 432, 438.
 Strix nyctea 710.
 Ströme, siehe Flüsse.
 Stroker 159.
 Stromatoporenriffe 418, 425.
 Stromatoporen im Silur 416, im Devon 430.
 Strontianit in der Kreide 636.
 Strophalosia Goldfussi 503.
 Strophomena im Silur 410, depressa 442.
 Structur der Gesteine 23, glasige, porphyrische 287, vollkrystalline (holokr.), körnige (hypidiomorphe) 290, skelet-, bienenwabenartige 299.
 Strudellöcher 719.
 Stubensand, -sandstein 539, 540, 684.
 Stürme, ihre Thätigkeit 239, 257—262.
 Stufen, geologische 366.
 Stuttgarter Werksandstein 539.
 Styliua im Muschelkalk 530, limbata 595.
 Stylolithen 526.
 Subappenninschichten 693, -formation 704.
 Subbaltusschichten 563.
 Subcarbon, subcarbonische Formation 368, 465, 467, 474.
 Sublimationsproducte der Vulkane 440, 443, 448.
 Submarine Ausbrüche von Vulkanen 434, Torfmoore, Wälder 466.
 Subrobustusschichten 562.
 Succinea oblonga 737.
 Successorische Erdbeben 482.
 Sudmergestein 638.
 Süßwasserconchylien im Diluvium 720, 724, 725.
 Süßwasserkalk von St. Ouen 670, von Brie 676.
 Süßwassermolasse, untere 677, obere 702.
 Süßwasserquarz, petr. Beschr. 45.
 Sulfate, ihre Entstehung 202, in Sickerwassern 209, 212, 218, durch Organismen reduziert 267, 269.
 Sulfatgesteine 38.
 Sumpferz, petr. Beschr. 49.
 Sumpfgas durch Verwesung 274, 276.
 Superga, Serpentinande 693.
 Sus major 705, serofa 735.
 Sutan 483.
 Syenit, petr. Beschr. 69, seine Verwitterung 203, Entstehung, Contactmetamorphose 289, 295—297, im Urschiefer 386.
 Syenitgranitporphyr, petr. Beschr. 61.
 Sylviu 508, 700.
 Symmetrisch-lagenförmige Gangstructur 347.
 Synklinale, Synklinallinie, Synklinaler Schichtenbau 325.
 Synklinalthal 229.
 Syringophyllum 408.

Syringopora 408.
 Systeme, geologische 357, 363, 366.

T.

Tachylit, petr. Beschr. 96.
 Taeniodon Ewaldi 536, 544.
 Taeniopteris abnormis, multinervis, im Rotliegenden 494, im Dogger 580.
 Tafelschiefer, petr. Beschr. 419.
 Talchir-Conglomerat 487.
 Talkgneiß 375.
 Talkschiefer 47, 382.
 Tambacher Schichten 495.
 Tangkohl 407, 429.
 Tanner Grauwacke 444, 446, 471.
 Tapanhoancanga, petr. Beschr. 414.
 Tarannonschiefer 447.
 Taube Gänge 346.
 Taunusphyllit 446.
 Taunusquarzit, -schiefer im Devon 441, 446.
 Taunusschotter 740.
 Tausendfüße im Carbon 463.
 Taxocrinus im Silur 410.
 Taxodium distichum 701.
 Taxoxylon Göpperti 683.
 Tectonische Gebirge, ihre Entstehung 471, Erdbeben 490, Thäler 229.
 Tectonische Geologie 2, 318.
 Tectonische Metamorphose 178, 314.
 Tegel 693, 698, 699.
 Teleosaurus im Lias 569, im Dogger 584, im Malm 590.
 Telerpeton 546.
 Tellina calcarea 719, crassa 697, solidula 720, 723.
 Tellur und Gold führende Gänge von Siebenbürgen 744.
 Temperatur, Zunahme nach dem Erdinneren 8, 156, Heraufrücken der Temperatur des Erdinneren 314.
 Tentaculiten im Silur 412, im Devon 432.
 Tentaculiten-Knollenkalk 421, 438.
 Tentaculitenschiefer 440, 444, 443, 446.
 Tenuilobatusschichten 600.
 Tephrite, petr. Beschr. 89, 95, im Tertiär 709.
 Terebellum fusiforme 667.
 Terebratelbank 309, 532.
 Terebratelkalk 525, 534.
 Terebratella 616.
 Terebratula, im Zechstein 503, im Muschelkalk 528, im Lias 568, im Dogger 580, in der Kreide 616; T. angusta 534, Aspasia 578, Becksi 638, carnea 636, cycloides 528, digona 584, diphya 597, diphyoides 629, Ecki 528, 531, elongata 503, 512, grandis 687, gregaria 560, humeralis 603, janitor 598, impressa 593, Moutoniana 628, numismalis 574, obesa 637, oblonga 624, pectunculus 593, semiglobosa

- 632, 638, subsella 593, tamarindus 621, vulgaris 528, 537, 554.
 Terebratulina biplicata, chrysalis 638, depressa 638.
 Termatosaurus 544, 545.
 Termiten im Carbon 463.
 Terra Rossa, ihre Entstehung 200.
 Terrassen Norwegens 463, 722, 723, Schottlands 464, 723, der Flüsse 232, 238, 734, 739.
 Terrestrische Facies 359.
 Terrigene Absätze 243.
 Tertiärformation 364, 658.
 Teschenit 86.
 Tetarata 159.
 Teufelslöcher, ihre Entstehung 224.
 Textularia in der Kreide 616, 634, im Tertiär 698.
 Textur, siehe Structur.
 Thäler, ihre Bildung 226, tectonische, Quer- und Längenthäler 229.
 Thalassemys 590.
 Thalassitensschichten 576.
 Thalbildung 492, 226, 229, 230, 233, durch Gletscher 238.
 Thalgebiet der Flüsse 230—232.
 Thalsand 723, 724.
 Thalseen, ihre Entstehung 230.
 Thamnastrea im Muschelkalk 530, im Malm 599, 595, in der Kreide 646, concinna, prolifera 595.
 Thanetsand 664.
 Thaumatopteris Münsteri 544.
 Theca, cambrisch 400, silurisch 412.
 Thecidea 616.
 Thecosmilia 595.
 Thermen 444, 457, ihr Mineralgehalt 244, 246, 220, 225.
 Tholeier Schichten 494.
 Thon 446, seine Entstehung 203, 206, 303, im Buntsandstein 520, im Keuper 535, im Lias 566, im Dogger 579, in der Kreide 613, 632.
 Thoneisenstein, petr. Beschr. 43, im Lias 566, im Dogger 579, s. unter Sphärosiderit.
 Thongallen 520.
 Thongesteine, Structurverhältnis 24, Gesteinsklasse 415.
 Thonglimmerschiefer, petr. Beschr. 104.
 Thonplatten 532.
 Thonsalz 36.
 Thonschiefer, petr. Beschr. 418, seine Contactmetamorphose 296, Entstehung 303, im Präcambrium 392, im Cambrium 398, im Silur 406, im Devon 427, im Carbon 450.
 Thonschieferndelchen 405, 419.
 Thonstein 420, im Rotliegenden 499.
 Thoulet'sche Flüssigkeit 25.
 Thracia Phillippi 624, 628.
 Thrissops 590, 597.
 Thüringisch-sächsisches Tertiär 679.
 Thuites 536.
 Thuringit 406, 424, 425.
 Tiefenerosion 226.
 Tiefengesteine 285, 289.
 Tiefenstufe, geothermische 9.
 Tiefseeschlamm, -thon 303.
 Tiere, verwesende, reduzierend 268, Kalk abscheidend 269, s. unter Faunen, Pflanzen, Organismen.
 Tierfährten 320, 494, 522, 676.
 Tigersandstein 524.
 Till 726.
 Tillodontia 673.
 Tillotherium 673.
 Tinguait 73, 294.
 Tinoceras 673.
 Tiphys horridus 704.
 Tirolische Stufe der Trias 552.
 Tirolites Cassianus 554.
 Titanit 69, als Contactmineral 295.
 Titanotherium 673.
 Tithon 595, 597, 609.
 Toarcien 587.
 Töpferthon, petr. Beschr. 416.
 Tonalit 76, seine Contactmetamorphose 295.
 Tongerische Stufe der Schweiz 677.
 Tonulägige Gänge 349.
 Tonto-group 405.
 Topasierung 300.
 Topas als Contactmineral 300.
 Topfstein 48.
 Torer Schichten 558.
 Torf, 50, Bildung und Zusammensetzung 275, 276, submariner 466, interglacialer 720, 730, 734, 733, 735, von Utznach und Dürnten 730, 735.
 Tornoceras simplex im Devon 434.
 Torridonian 395.
 Torridonsandstein 395.
 Tortonien 693.
 Torulosus-Schichten 585.
 Tosca, petr. Beschr. 422.
 Totes Meer, sein Salzgehalt 306.
 Totliegendes, siehe Rotliegendes.
 Tournaisien 469.
 Tourtia 624, 632, 639, 643.
 Toxaster 646, complanatus 624, 629.
 Toxoceras 618.
 Trachyceras Aon 552, 555, Aonoides 552, 557, Archelaus, 552, 553, 555.
 Trachyt, petr. Beschr. 74, Entstehung 288, seine Contactmetamorphose 292, 293, im Tertiär 707, 714.
 Trachytbimsstein 72.
 Trachytconglomerat 421, 708, 714.
 Trachytkegel 454.
 Trachytobsidian 72.
 Trachytpechstein 72.
 Trachyttuff 424, 708, 714.
 Transgression der Schichten 470, 243, 334, des Malm 604, der oberen Kreide 644.

Transmutations-Theorie 354.
 Transportierende Kraft der Gewässer 236, 239, des Meeres 243, der Winde 446, 260, des Eises 253, 717, 748.
 Transversale Dislocationsbeben 490, Schieferung 177.
 Transversarius-Schichten 600, 602.
 Trapa Credneri 683.
 Trappgranulit, petr. Beschr. 400.
 Trass 422, 708.
 Travertin, petr. Beschr. 42, als Quellsatz 458, 246, seine Ablagerung durch Organismen 265, moyen 676.
 Tremadictyon reticulatum 595.
 Tremadoc 447, von Leimitz 424, 425.
 Trematosaurus Brauni 522.
 Tremblores 482.
 Tremolit als Contactmineral 296.
 Trentonkalk 423, 425.
 Treppenformiger Schichtenbau 472, 331.
 Triasformation 367, 546, deutsche 547, 542, englische 545, amerikanische 546, alpine 549, 553, pelagische Facies der T. 549, 552, 562.
 Trichasteropsis im Muschelkalk 530.
 Trichite 32, 63.
 Triconodon 598, 598, 611.
 Trienbacher Schichten 495.
 Triglyphus 537.
 Trigonion im Jura 568, im Dogger 580, im Malm 589, in der Kreide 617; aliformis 637, caudata 628, clavellata 593, 603, costata 584, interlaevigata 584, 586, limbata 637, navis 582, 586, scabra 632.
 Trigonodus Sandbergeri 528, 531, 533.
 Trigonodusschichten 534.
 Trigonosemus 646.
 Trilobiten im Cambrium 398, im Silur 413, im Devon 434, im Carbon 463, im Perm 513.
 Triloculina 685, 698.
 Trinucleus 444.
 Trinucleuskalk 419, 425.
 Trionyx 626.
 Tritylodon 549.
 Trochitenkalk, seine Abscheidung 309, im Muschelkalk 525, 532, 534.
 Trochoceras im Silur 413.
 Trochosmilina 646.
 Tropfstein, seine Ausscheidung 213.
 Trümer 24, 349, 350.
 Trümmergesteine 24, 34, 408, Entstehung 302.
 Trümmerhalden 233.
 Trümmerkalk 649.
 Trümmerporphyr 63.
 Trümmerstructur 402.
 Truncatulina im Oligocän 685.
 Tschernosem, petr. Beschr. 447.
 Tubiculis im Rotliegenden 494.
 Tuffe, Gesteinsklasse 420, 446, Entstehung 260, 288, 342, im Rotliegenden 499,

Wengener, der alpinen Trias 561, im Tertiär 707, 708.
 Tullstropfer Schreibkreide 649.
 Turbaco 280.
 Turbinolia 639, sulcata 667.
 Turbo im Zechstein 504, solitarius 558.
 Turmalingranit 60, in der alpinen Trias 562.
 Turmalingranulit 400.
 Turmalinhorfels, als Contactgestein 300.
 Turmalinschiefer, petr. Beschr. 406, als Contactgestein 300.
 Turon 367, 632, 638, 639, 642.
 Turonien 639.
 Turrilites 648, costatus 632, 638, 639, plicatus 636, 638, tridens, tuberculatus 638.
 Turritella hybrida 668, imbricataria 667, 668, minuta 602, terebellata 667, turris 702.
 Tutenmergel 24, 567.
 Typhis pungens 667.

U.

Uddevalla 724.
 Überfallsquellen, ihre Entstehung 224.
 Übergangsgebirge 391.
 Übergreifende Lagerung 243, 334.
 Übergusschichtung 312.
 Überkippung 323, 326, am Harze 428, 634, im Teutoburger Walde 653, glaciale 257, 718.
 Überlagerung, concordante, discordante 333.
 Überschiebung 475, 330, 332, lausitzer 654.
 Uferwälle, vorgeschobene 240, 244.
 Unta-Gruppe 673.
 Uintatherium 661, 673.
 Ullmannia Bronni 268, 302.
 Ulmus 694, 702.
 Umbra 50.
 Umformung der Gesteine 476, 478, 479, siehe unter Contactmetamorphose und Dynamometamorphose.
 Umlagerung, mantelförmige 334.
 Umlaufender Schichtenbau 329.
 Umwallungen, ringförmige, der Vulkane 432.
 Umwandlungen durch vulkanische Dämpfe 441, wasserfreier Mineralien in wasserhaltige 496, 200, der Schwefelmetalle in schwefelsaure Metalloxyde 202, des Olivines in Serpentin 207, s. unter Contactmetamorphismus und hydrochemische Prozesse.
 Uncites gryphus 432.
 Underclay 478.
 Undulatorische Erdbeben 482.
 Ungleichförmige Parallelstructur 319, Lagerung 333.

Ungulitensandstein 403.
 Unter cambrium 400, 404, 402.
 Unter carbon 465, 467, 474.
 Unicardium anceps 528.
 Unio im Purbeck 598, waldensis im Wealden 624, im Diluvium 720.
 Unterdevon 436, 440, 441, 443, 446.
 Untereocän 664, 668.
 Unterer Jura 563, 566.
 Unterlauf der Flüsse, der Thäler, seine Verlegung 234, 232.
 Unteroligocän Englands 673, Norddeutschlands 674, 683, 688, des Pariser Beckens 675, des Elsass 678, von Egeln 683, 688.
 Unterpläner, -quader 634, 643, 650.
 Unterseeische Vulkane 434.
 Unter senon 637.
 Untersilur 416—425.
 Upper chalk 643.
 Urach, sein vulkan. Gebiet 136.
 Uralitdiabas 86.
 Uralitdiorit 76.
 Uralitisierung 76, 80.
 Urgebirge 373.
 Urgneißformation, s. Gneißformation.
 Urgonien 630.
 Urkalk 377.
 Urmensch 744—750.
 Urocordylus im Carbon 464, im Rotliegenden 494.
 Ursprünglich krystallinische Entstehungsweise 316.
 Ursprungsort der Erdbeben 485, 486.
 Ursus arctos 744, 747, priscus 737, spelaeus 720, 735, 739, 741, 748.
 Urthonschiefer 404.
 Urvierfüßler 464, 493.
 Utaschiefer 423, 425.
 Utznach, seine Schieferkohle 730, 735.

V.

Vaal-Conglomerat 487.
 Vaginatenkalk 419, 425.
 Valengien 629, 630.
 Valvata piscinalis 720, 724.
 Variansschichten 367.
 Variolen im Diabas 85.
 Variolit 85.
 Variscischer Gebirgszug 484.
 Venericardia planicosta 667, 668.
 Ventriculites 416.
 Venus clathrata 702, multilamellata 697, umbonaria 696.
 Verdrückung von Gängen 349.
 Vereisung, Vergletscherung Skandinaviens und Norddeutschlands 712, 725, Britanniens 726, der Alpen 727, Süddeutschlands 728, Nordamerikas 731 [s. Glacialgebiete].

Verkohlungsprocess 273, 477, Beschleunigung desselben 276, 293, 478.
 Verkokung 293.
 Verlegung der Flüsse 232, in der Eiszeit 722.
 Vermiporellen, Kalk absondernd 273, 308, im Silur 407.
 Verneuili-Sandstein, -Schichten 439, 446.
 Verrucano 475.
 Verschiebungen der Strandlinien 462, positive, negative 474, von Gängen 351, der Pole 694.
 Verwerfer 350.
 Verwerfungen, -spalten 472, 474, 475, 330, 350, durch Erdbeben 482, durch Auslaugung 224.
 Verwitterung 475, 203.
 Verwitterungsboden 208.
 Vesullian 586.
 Vesuv 427, 432, 445, 446, 451.
 Vesuvian als Contactmineral 295, 296.
 Vielfraß 740.
 Virgula-Schichten 603.
 Virgulien 600.
 Viridit 83, seine Bildung 206.
 Viseen 469.
 Vitriolisierung 202, 209, 212.
 Vitrophyr 65.
 Vögel im Malm 592, in der Kreide 618, im Oligocän 676, im Diluvium 745, 746.
 Vogelsgebirge 709.
 Vogesen als Bruchgebirge 472.
 Vogesit 74, 294.
 Vollkrystalline Structur 22, 290, Gesteine, Entstehung 285.
 Voltzia heterophylla 521, Liebeana 502, Weismanni 527.
 Voltziensandstein 523.
 Voluta athleta 667, Bolli 701, crenulata 667, decora 683, depressa 668, nodosa 666.
 Vorriffzone 312.
 Vulkanberge, zusammengesetzte 434, 709.
 Vulkane 425, 426, geschichtete. Untergrund, Material ders. 428, Aufbau, Entstehung ders. 429, 446, 455, unterseeische 434, räumliche Verknüpfung ders. 437, auf Spalten, an Küsten, auf Inseln 438, 439, erloschene (ruhende) und thätige 439, normale Thätigkeit 442, Exhalationen von Gasen und Dämpfen aus dens. 442, 444, ihre Eruption 444, homog., massige Vulk. 454, ihre Structur 453, ihre Entstehung 454, 228, im Tertiär 706.
 Vulkan-Embryonen Schwabens 436.
 Vulkangebirge, ihre Entstehung 431, 474, im Tertiär 706.
 Vulkangruppen 437.
 Vulkaninseln 44, 434, 437.
 Vulkanische Asche 409, 445, ihr Transport durch Winde 260.

Vulkanische Auswürflinge 409, 431, 436, 443, 444, 342.
 Vulkanische Dämpfe 440, 442, 444, Umwandlungsproducte durch dies. 444.
 Vulkanische Erdbeben 444, 489.
 Vulkanische Gesteine 285, ihre Entstehung 287, ihre Contactmetamorphosen 294—295.
 Vulkanischer Sand 408, Schutt 409, 429, Entstehung desselben 429, 445.
 Vulkanismus 424.
 Vulkankegel und Vulkankuppen, siehe Vulkane.
 Vulkanreihen 437.
 Vulkanruinen 432.

W.

Wachskohle 54, 680.
 Wackenthon, seine Entstehung 208.
 Waderner Schichten 494.
 Wälder, versunkene, submarine 466.
 Wärmezunahme nach dem Erdinneren 8.
 Wahsatch-Gruppe 673.
 Walchia filiciformis, piniformis 494.
 Waldenburger Schichten, Hangendzug 467, 474.
 Waldheimia angusta 528, digona 584, impressa 593.
 Walkerde, petr. Beschr. 446.
 Wallriffe 274.
 Wanderblöcke s. erratische Blöcke.
 Wanderungen der Floren und Faunen als Folgen der Oscillationen 469, 356, 704, der Dünen 264.
 Warsaw-Kalk 477.
 Wasser, seine Verteilung auf der Erdoberfläche 44, seine nivellierende Thätigkeit an Vulkankegeln 433, seine Beteiligung bei Eruptionen 439, 444, 455, 283, bis zu dem glutflüssigen Erdinnern gepresst 455, 456, 284, sein Ausbruch bei Erdbeben 484, geolog. Thätigkeit, Aufgabe 494, einschneidend 492, 226, auflösend, transportierend 457, chemische Thätigkeit 494, 209, Kohlensäure und Sauerstoff haltend 494, 204, 203, von Anhydrit aufgenommen 200, seine mechanische Thätigkeit 494, 222, 225, Metamorphose durch seine Einwirkung 200, 345. Siehe auch Erosion, Denudation und Zersetzungen.
 Wasserdampf als vulkan. Exhalation 440, 442, 444, 445, 446, 284.
 Wassereis 36.
 Wasserfälle, Erosion durch W., ihr Zurschreiten 227.
 Wasserfreie Mineralien in wasserhaltige umgewandelt 200.
 Wasserscheide, ihre Bildung 232.
 Wasserstoffgas, den Vulkanen entströmend 442, 284.

Water lime 422, 425.
 Waulsortien 469.
 Wealdclay 624, 626.
 Wealden, Wealdenformation 367, 645, 620, 622, 629, 630.
 Wealdenkohle 644, 623.
 Wealdensandstein 623.
 Wealdenthon 624.
 Wechsel (Überschiebung) 330.
 Wechsellagerung mariner und Süßwasserbildungen 469, der Sedimentärgesteine 302, auskeilende 322.
 Weinfelder Maar 436, 707.
 Weißer Jura 588.
 Weißliegendes 489, 490, 496.
 Weißstein, petr. Beschr. 99.
 Wellendolomit 526, 534, 533.
 Wellenförmige Erdbeben 482.
 Wellenfurchen 469, 302, 320.
 Wellenkalk 525, 534, 532.
 Wellensandstein 526.
 Wemmeln 664.
 Weniger Schichten 552, 553, 555, Tuffschiefer 564.
 Wenlock-Group, W.-Kalk 447, 425.
 Werfener Schichten, Schiefer 554, 553.
 Werksandstein, Stuttgarter 539.
 Werkzeuge, menschliche, im Diluvium 747—749.
 Wernsdorfer Schichten 629, 654.
 Wesenbergsche Schicht 425.
 Westerwald 709.
 Westfälisches Steinkohlengebirge 469.
 Wetter, schlagende 272.
 Wettersteinkalk 557.
 Wetzschiefer, petr. Beschr. 406, 449.
 Weyborne Crag 727.
 Wherlit 96.
 White crag 693, 703.
 White River-Gruppe 673.
 Wichita-beds 513.
 Wichtisit 89.
 Widdingtonites Keuperianus 540.
 Widersinniges Einfallen 325, 330.
 Wiederaufreißen der Gänge 345.
 Wieder Schiefer 444, 446.
 Wieliczka, Steinsalzlager von 37, 497, 700.
 Wiener Becken 696, -Sandstein 644, 646.
 Wiesentorf 50.
 Wildes Kohlengebirge 497.
 Willemit in der Gneißformation 379.
 Wilmsdorfer Schichten 539.
 Winde, ihre geologischen Wirkungen 260.
 Windschliffe 264.
 Windungen, gekrösartige, der Schichten 329.
 Wisingsögruppe 396.
 Wisnuthergänge 889.
 Wissenbacher Schiefer 439, 440, 443, 446.
 Wolga-Stufe 610, obere 652.
 Wollastonit als Contactmineral 295.
 Wollackähnliche Granitblöcke 204.
 Woolhope beds 443, -Kalk 447.

Woolwich series 664.
 Würmer, kalkabscheidend 309.
 Wüsten, ihre Dünen 262.
 Wüstensalz 37.
 Wurzelhorizonte 478.
 Wurzelröhren im Löß 263.

X.

Xenacanthus Decheni 493, 510.
 Xenodiscus 543.
 Xenomorphe Gesteinsbestandteile 290.
 Xiphodon 675.

Y.

Yellowstone, Geysirs 457, 460, 266.
 Yoldia arctica 719, 723, 726, pygmaea 723.
 Yoldienthone 719, 723, 725, 726, 733.
 Ypresien 664.

Z.

Zamites im Keuper 536, im Lias 567, im Dogger 580, distans 544.
 Zanclodon laevis 537, 544.
 Zanclodonschichten 539.
 Zapfquellen 224.
 Zaphrentis im Devon 430, im Carbon, cornucopiae 459.
 Zechstein, Zechsteininformation 368, 500, 502.
 Zechsteinconglomerat 504.
 Zeichenschiefer, petr. Beschr. 449.
 Zeit (Zeiträume), als geologischer Factor 280, 657, 662.
 Zeitalter, geologische 364.
 Zellendolomit 43, 534.
 Zellenkalk 42.
 Zellerfelder Zug 484.
 Zellige Structur 24.
 Zeolithe im Phonolith 74, 214, in Blasenräumen 210, auf Gängen 214, 212, 346, im New red sandstone 548.
 Zerschlagen von Gängen 349.
 Zersetzung durch Wasser 493, 496, 203, accumulierende 204, der Schwefelmetalle 202, 216, der Silicate 203, 209, der

Granite und Syenite 203, des Orthoklasses 204, des Porphyres, des Sanidines, Oligoklasses 205, des Labradores, Augites, der Hornblende 206, des Olivines 207, des Basaltes 208, des Phonolithes 214, Z. durch Solfataren 444, durch Organismen 267.
 Zerspratzung von Gesteinsfragmenten 292.
 Zertrümmern von Gängen 349.
 Zillysandstein 638.
 Zinkblende in Höhlen 244, ihre Bildung 202, 267.
 Zinkerze im Gneiß 378, im Silur 406, im Devon 447, im Carbon, von Aachen 485, im Muschelkalk 526.
 Zinkvitriol, seine Bildung 202.
 Zinnerze im Granit, 300, 345.
 Zinnerzlagerrstätten 300, von Geyer und Zinnwald 387.
 Zinnober als vulkan. Product 440, im Rotliegenden 500.
 Zinnseifen 409.
 Zinnstein als Contactmineral 300.
 Zinnwald 300, Stockwerk von 387.
 Zinnzwitter 300, 387.
 Zirkonsyenit, petr. Beschr. 73, in nordschen Geschieben 747.
 Zlambacher Schichten 553, 560.
 Zobtenit 407.
 Zoisit als Contactmineral 296.
 Zoisitamphibolit 407, 376.
 Zonites praecursor 735.
 Zoogene Sedimentgesteine 270, 304, 307—314.
 Zopfplatten 585.
 Zorger Schiefer 474.
 Zuckerkorn im Jura 604.
 Zuider See 466.
 Zusammengesetzte Vulkanberge 434.
 Zusammenscharung von Gängen 349.
 Zusammenschub, Zusammenstauchung der Schichten zu Falten 172, 173, glacialer 748.
 Zweiglimmer-Granite 59.
 Zweiglimmerige Gneiße 98.
 Zwerglöcher 576.
 Zwergpfeifhase 740.
 Zwickauer Kohlenfeld 472.
 Zwischenmasse glasige 34, 62, 87, 89, 287, 288.
 Zwitter 300, 387.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

1750

20.

To avoid fine, this book should be returned on
or before the date last stamped below

503-12-00-06455

--	--	--

550 .C912 ed.8
Elemente der Geologie.

C.1

Stanford University Libraries



3 6105 032 263 191

STANFORD UNIVERSITY LIBRARY
Stanford, California

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY

1954-1955



550 .C912 ed.8
Elemente der Geologie.

C.1

Stanford University Libraries



3 6105 032 263 191

STANFORD UNIVERSITY LIBRARY
Stanford, California

